FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

Année 1892-1893 — N° 84.

DE

L'ACUITÉ VISUELLE

ÉTUDE PHYSIQUE ET CLINIQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le 29 Juillet 1893

PAR

Léonard-Henry BORDIER

Licencié ès sciences physiques,
Pharmacien de première classe (Diplôme supérieur),
Préparateur de physique médicale à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux,
Lauréat *(1er)* de la Faculté de médecine,
Membre de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux,

Né à Blanzac (Charente), le 9 février 1863.

Examinateurs de la Thèse :

MM. BERGONIÉ, professeur, *Président.*
BADAL, professeur..... } *Juges.*
SIGALAS, agrégé..... } *Juges.*
CASSAËT, agrégé..... } *Juges.*

BORDEAUX

G. GOUNOUILHOU, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

11, — RUE GUIRAUDE, — 11

1893

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

Année 1892-1893 N° 84.

DE

L'ACUITÉ VISUELLE

ÉTUDE PHYSIQUE ET CLINIQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le 29 Juillet 1893

PAR

Léonard-Henry BORDIER

Licencié ès sciences physiques,
Pharmacien de première classe (Diplôme supérieur),
Préparateur de physique médicale à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux,
Lauréat *(ter)* de la Faculté de médecine,
Mem bre de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux,

Né à Blanzac (Charente), le 9 février 1863.

Examinateurs de la Thèse : MM. BERGONIÉ, professeur, *Président.*
BADAL, professeur..... } *Juges.*
SIGALAS, agrégé..... } *Juges.*
CASSAËT, agrégé..... } *Juges.*

BORDEAUX

G. GOUNOUILHOU, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

11, — RUE GUIRAUDE, — 11

1893

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. PITRES..... Doyen.

PROFESSEURS :

MM. MICÉ..... } Professeurs honoraires.
MERGET..... }
AZAM..... }

	MM.		MM.
Clinique médicale.....	PITRES.	Physiologie.....	JOLYET.
	PICOT.	Hygiène.....	LAYET.
Clinique chirurgicale...	DEMONS.	Médecine légale.....	MORACHE.
	LANELONGUE.	Physique.....	BERGONIÉ.
Pathologie interne.....	DUPUY.	Chimie.....	BLAREZ.
Pathologie et thérapeutique générales.....	VERGELY.	Histoire naturelle.....	GUILLAUD.
		Pharmacie.....	FIGUIER.
Thérapeutique.....	ARNOZAN.	Matière médicale.....	PERRENS.
Médecine opératoire...	MASSE.	Médecine expérimentale	FERRÉ.
Clinique obstétricale...	MOUSSOUS.	Clinique ophtalmologique.....	BADAL.
Anatomie pathologique.	COYNE.		
Anatomie.....	BOUCHARD.	Clinique des maladies chirurgicales des enfants.....	PIÉCHAUD.
Histologie et anatomie générale.....	VIAULT.		

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

SECTION DE MÉDECINE

Pathologie interne et Médecine légale :

MM. MOUSSOUS. | MM. CASSAET.
DUBREUILH. | AUCHÉ.
MESNARD.

SECTION DE CHIRURGIE ET ACCOUCHEMENTS

Pathologie externe..... MM. POUSSON. DENUCÉ. VILLAR. | Accouchements.. MM. RIVIÈRE CHAMBRELENT.

SECTION DES SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Anatomie et Physiologie..... MM. PRINCETEAU. N.
Histoire naturelle..... DE NABIAS.

SECTION DES SCIENCES PHYSIQUES

Physique..... MM. SIGALAS.
Chimie et Toxicologie..... DENIGÈS.
Pharmacie..... BARTHE.

COURS COMPLÉMENTAIRES :

Clinique interne des enfants..... MM. A. MOUSSOUS.
Clinique des maladies syphilitiques et cutanées..... DUBREUILH.
Clinique des maladies des femmes..... BOURSIER.
Clinique des maladies des voies urinaires..... POUSSON.
Maladies du larynx, des oreilles et du nez..... MOURE.
Pathologie externe..... DENUCÉ.
Maladies mentales..... RÉGIS.
Accouchements..... RIVIÈRE.
Chimie..... DENIGÈS.

Le Secrétaire de la Faculté, LEMAIRE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MA GRAND'MÈRE

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MA FAMILLE

A MES AMIS

A MONSIEUR LE DOCTEUR BADAL

Professeur de clinique ophtalmologique à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux,
Chevalier de la Légion d'honneur.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR MERGET

Professeur honoraire de la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux,
Chevalier de la Légion d'honneur.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PITRES

Doyen de la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux, Professeur de clinique médicale,
Chevalier de la Légion d'honneur.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERGONIÉ

Professeur de physique médicale à la Faculté,

Chef du service électrothérapique des Hôpitaux.

L'orientation que nos maîtres ont donnée, depuis quelques années, à l'enseignement de la physique dans les Facultés de médecine, a fait que la question de l'acuité visuelle est devenue tout à fait une question de physique médicale. Nous avons pris cette question comme sujet de notre thèse inaugurale.

Malgré l'importance de cet élément, les traités d'ophtalmologie ou de physique médicale consacrent peu de pages au chapitre de l'acuité visuelle. Nous avons essayé de donner à ce sujet un plus grand développement, en y ajoutant nos recherches, tant physiques qu'expérimentales.

Nous avons divisé notre travail en dix chapitres. Cinq d'entre eux sont constitués en grande partie par l'exposé des recherches qu'il nous a été possible de faire. Ces chapitres sont :

Chapitre IV. — Modification de la grandeur des images rétiniennes par les verres correcteurs dans les différentes amétropies.

Chapitre VI. — Acuité vraie et acuité apparente des amétropes. — Influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle.

Chapitre VII. — Détermination de l'acuité des amétropes par l'optomètre du professeur Badal. — Méthode de diagnostic différentiel des amétropies axiles et de courbure.

Chapitre IX. — Variation de l'acuité avec le diamètre de la pupille.

Chapitre X. — Variation de l'acuité avec l'âge.

Enfin, dans le chapitre V se trouvent décrites deux nouvelles échelles d'acuité.

Avant d'entrer en matière, nous devons remercier sin-

cèrement notre excellent maître, M. le professeur Bergonié, de l'intérêt qu'il nous a toujours porté depuis que nous sommes au laboratoire de physique de la Faculté de médecine. Nous sommes heureux de pouvoir lui donner un témoignage de notre reconnaissance en lui dédiant ce travail.

Que M. le professeur Badal reçoive aussi nos vifs remercîments pour la bienveillance avec laquelle il nous a toujours accueilli quand nous nous sommes adressé à lui.

H. BORDIER.

INTRODUCTION

« Voir n'est autre chose que sentir un objet en dehors de soi et dans la direction même où il se trouve. C'est un toucher médiat, expressément géométrique. » (Giraud-Teulon.) (1)

Cette définition du mot *voir* n'est pas tout à fait exacte : nous ne voyons jamais les objets dans la direction où ils se trouvent. Il faudrait pour cela que nous fussions plongés dans le vide. L'œil a, au contraire, la propriété de prolonger les derniers rayons qui frappent sa cornée, en sorte que l'objet d'où émane la lumière, est vu au point de concours des prolongements de ces derniers rayons.

Pour que nous percevions nettement les objets extérieurs, trois conditions au moins sont nécessaires (2) :

1° L'image formée sur la rétine doit être nette ;

2° L'objet doit être convenablement éclairé, pour que l'image rétinienne ait une intensité suffisante ;

3° L'excitation de la rétine par les rayons qui viennent y former l'image de l'objet doit être transmise intégralement au cerveau.

L'image que forme un objet sur notre rétine est renversée. Depuis Képler, on s'est demandé comment l'œil peut voir *droit* au moyen d'images *à l'envers*. Cette question a soulevé bien

(1) *La Vision et ses Anomalies*, p. 96.
(2) Imbert, *les Anomalies de la Vision*, p. 1.

des hypothèses de la part des savants et des philosophes; nous ne les reproduirons pas ici. Cependant voici l'opinion de Giraud-Teulon (1) : « Le propre de la sensibilité rétinienne, son mode d'activité réactionnel spécial et inné, consiste en la propriété de sentir en dehors de nous, c'est-à-dire de rapporter l'impression à l'extérieur du moi... ; ce n'est donc pas cette image que *voit* ou *sent* le *sensorium,* c'est l'objet extérieur lui-même. — La sensation fait un avec la notion d'extériorité, tandis que l'image, faisant corps avec la rétine, serait sentie à la surface postérieure de l'œil, si c'était elle dont le sujet eût conscience. Le *sensorium* ne sent donc pas l'image, il ignore même l'existence du tableau rétinien : ce qu'il sent, c'est l'objet en dehors de lui, à distance. »

Récemment, un savant russe, Oziersko (2), a donné une explication plus satisfaisante. Cet auteur cherche à résoudre cette question par un entrecroisement des fibres du nerf optique qui se produirait entre la rétine et l'écorce cérébrale, et dont le résultat serait le même que si l'extrémité rétinienne de chaque fibre occupait au fond de l'œil une position symétrique de celle qu'elle occupe en réalité. Les conditions de la vision droite ne se trouvant pas réalisées dans les terminaisons du nerf optique pourraient l'être dans le stade de transmission ou dans le stade de l'activité cérébrale. Il semble bien probable, d'après Oziersko, que les conditions cherchées se réalisent pendant le stade de transmission; le point où se réalisent ces conditions serait, dit-il, d'autant plus près du cerveau que l'animal considéré occupe un rang plus élevé dans la série.

Cette explication est peut-être la vraie : quoi qu'il en soit, c'est sur l'écran rétinien que viennent se peindre les images des objets extérieurs.

Parmi les objets extérieurs que l'œil aperçoit simultanément, un seul est nettement perçu : c'est celui sur lequel se porte *l'attention.* Son image rétinienne correspond à une petite

(1) Giraud-Teulon, *Loc. cit.,* p. 96.
(2) *Revue générale d'ophtalmologie,* 1891, p. 542.

région anatomiquement remarquable, connue sous le nom de *macula lutea,* dont le centre est la *fovea centralis*. La rétine, en ce point, s'amincit en forme de vasque de fontaine, de façon à être réduite, en son centre, à la seule membrane de Jacob (cônes et bâtonnets). Cette localisation expresse de l'attention visuelle dans la fovea a été démontrée objectivement par Donders de la façon suivante :

1° Le sujet en observation recevant l'ordre de fixer son attention sur l'orifice central du miroir ophtalmoscopique, l'observateur constate que la tache jaune se présente toujours pour recevoir l'image de cet orifice ; 2° si, pendant l'observation, on ordonne au sujet de suivre *attentivement* la flamme d'une bougie qu'un assistant promène, l'observateur constate que l'image de cette flamme demeure constamment sur la *macula.*

C'est précisément pour faire former sur la tache jaune l'image des objets que nous dirigeons toujours notre regard vers l'objet ou le point que nous voulons voir distinctement.

« L'alouette que nous entendons chanter, perdue dans le bleu de l'espace (Gœthe), est perdue pour nous tant que nous ne parvenons pas à amener son image sur la *fovea* (Helmholtz) (1). »

Les éléments sensibles de la rétine sont les cônes et les bâtonnets ; ils peuvent fournir à l'œil un nombre presque infini de signes élémentaires.

Pour donner une idée de l'immense richesse de l'appareil visuel, rapprochons-en le langage parlé : les signes élémentaires de la langue se réduisent à 24 lettres seulement, et pourtant, quelle n'est pas l'extrême variété des idées que leurs combinaisons nous permettent d'exprimer ! Si nous estimons à 250,000 (chiffre fixé par Helmholtz) le nombre des fibres du nerf optique et si nous remarquons que chacune d'elles peut recevoir des degrés d'excitation infiniment variés provenant soit d'une, soit de trois couleurs fondamentales, nous sommes

(1) Helmholtz, Conférence d'Heidelberg sur les progrès récents dans la théorie de la vision, 1869.

forcés de conclure qu'il y a là de quoi former un système de combinaisons infiniment plus riche qu'avec les quelques lettres de notre alphabet, sans parler des variations si rapides que peuvent subir les images visuelles. Il ne faut donc pas s'étonner si le langage de nos sens, et en particulier celui de la vision, nous donne des renseignements infiniment plus détaillés, plus nuancés et plus individualisés que ne peut le faire la parole (1).

(1) Helmholtz, Conférence d'Heidelberg sur les progrès récents dans la théorie de la vision, 1869.

I

Du minimum separabile.

Tous les yeux ne sont pas également aptes à distinguer de petits objets, bien que les images rétiniennes soient également grandes et également nettes. La portée de la vue n'est pas synonyme de sa qualité : ainsi un œil myope ou œil brachymétrope a, par définition, la portée de la vue courte (βραχὺς, court; μέτρον, mesure). Il peut cependant avoir une excellente vue. On conçoit très bien que chaque œil ait sa *sensibilité rétinienne propre,* son *acuité visuelle propre.* Cette sensibilité particulière de la rétine pour chaque individu se retrouve pour les autres nerfs sensitifs. A ce point de vue, il existe une correspondance presque parfaite entre le sens de la vue et les quatre autres sens : l'ouïe, le goût, l'odorat, le toucher.

L'acuité de la vue correspond à la finesse de l'ouïe (acuité auditive); à la finesse du goût (acuité gustative); à la finesse de l'odorat (acuité olfactive); à la finesse du toucher (acuité tactile).

Toutes ces acuités se prêtent aux mesures et pourraient être traitées dans une même étude générale qui aurait pour titre : *l'Acuité.*

Cette qualité du sens de la vue qui s'appelle l'acuité visuelle dépend de la faculté que possède notre œil de pouvoir isoler les sensations. Dès que l'animal, dit Giraud-Teulon (1), a dépassé le premier degré de développement oculaire, à partir de l'apparition du point visuel des animaux inférieurs (lequel se borne à distinguer la lumière de l'obscurité) jusqu'au merveilleux instrument d'optique qu'offre l'œil de l'oiseau de

(1) *Loc. cit.,* p. 128.

proie, tous les efforts de la nature gravitent autour d'un seul objectif : d'abord, la distinction de la direction (apparente) des rayons lumineux, puis le perfectionnement graduel de cette distinction, s'accusant dans l'accroissement du nombre des éléments rétiniens.

On peut donc dire que la *faculté isolatrice* de la rétine grandit à mesure que de l'œil élémentaire on passe à l'œil composé.

L'inverse de l'angle formé par les deux directions les plus voisines que l'on peut isoler dans un œil, telle est la définition de la *faculté isolatrice* de la rétine.

L'angle correspondant à ces deux directions les plus voisines constitue ce que l'on nomme le *minimum visibile*. Giraud-Teulon, à cause de l'élasticité du mot *voir*, préfère l'appeler *minimum separabile*.

Le principe du *minimum separabile* a été formulé en 1759 par Hooke. « Le Dr Hooke, dit Porterfield, a trouvé, par des expériences aisées à répéter, que le minimum visibile dans la plupart des yeux est compris dans un angle de une minute. Il suit de là que toute chose distinguée est au plus de cette dimension angulaire : ainsi, toute étoile que l'œil découvre paraît être de cette étendue au moins, et cela se conçoit, quoique cependant lorsque nous venons à mesurer ses dimensions réelles au moyen du télescope, nous lui trouvions seulement une étendue de quelques secondes. Et cela est aussi la raison pour laquelle s'il existe 200 ou 300 étoiles, si rapprochées l'une de l'autre qu'elles soient comprises dans cet angle de une minute, l'œil n'a pourtant que la sensation d'une seule étoile et ne les distingue point l'une de l'autre (1). »

La valeur de une minute indiquée par Hooke a été retrouvée un siècle plus tard par Giraud-Teulon et par Snellen qui ne connaissaient pas alors le traité de Porterfield.

Burchardt, de Cassel, aurait redécouvert, en 1870, ce même

---

(1) Porterfield, *A treatise of the eye*, 2e vol., p. 61.

principe du *minimum separabile,* car on retrouve dans son mémoire la proposition capitale qui forme la base du travail que Giraud-Teulon a présenté au Congrès d'ophtalmologie en 1862.

La largeur de la ligne correspondant à cette valeur du minimum separabile est de $0^{mm}1$ pour une distance de $0^{m}33$. La grandeur de l'image rétinienne formée dans ces conditions est de $0^{mm}004$.

D'autres expérimentateurs ont trouvé des valeurs beaucoup plus petites qu'une minute pour l'angle du minimum separabile. Ainsi Hirschmann, sur l'instigation d'Helmholtz, en 1867, obtint dans des conditions convenables un angle minimum visuel de 50 secondes (1).

Récemment Uthoff a repris ces mesures du minimum separabile, non seulement dans le cas de la lumière blanche, mais aussi dans le cas des différentes couleurs du spectre solaire. Il se servait (2) d'un grillage de fils de fer d'un diamètre égal à $0^{mm}0463$, séparés par des interstices de même largeur. Il trouva 1° que l'angle du minimum separabile était sensiblement le même dans les différentes régions du spectre; 2° que la valeur de cet angle était comprise entre 27″6 et 32″8; ce qui correspond à des images rétiniennes de $0^{mm}002$ et $0^{mm}00234$.

Cette valeur du minimum separabile est environ la moitié de celle indiquée par Giraud-Teulon et Snellen. Notons dès maintenant ce résultat, qui est conforme aux mesures d'acuité que nous avons faites. Uthoff, pour se rapprocher de la valeur trouvée avant lui pour ce minimum, ajoute qu'il croit que le plus petit objet perçu n'est pas représenté par le diamètre seul du fil, mais par un fil et son interstice : de cette façon il arriverait à obtenir l'angle de 1 minute. Nous ne pensons pas qu'il soit utile de faire cette restriction, et nous considérons l'angle de 30 secondes, comme représentant bien le minimum separa-

---

(1) De Wecker et Landolt, *Traité d'ophtalmologie,* p. 474, t. I.
(2) *Revue générale d'ophtalmologie,* 1891, p. 302.

bile, car l'acuité visuelle d'un bon œil correspond exactement à cet angle, pourvu que l'éclairage utilisé soit très bon.

L'angle de 30 secondes est aussi celui qu'adopte le professeur Charpentier, de Nancy (1). « Il était admis, dit-il, que le plus petit intervalle perceptible entre deux points lumineux était sur la rétine d'environ $0^{mm}004$. Or, j'ai observé que l'angle visuel minimum était réduit à une demi-minute et plus. L'opinion classique est donc fausse. »

D'ailleurs l'angle de 30 secondes répond sur la rétine à un arc de $0^{mm}0022$. Or, d'après les mensurations qu'on peut croire exactes (2), le diamètre des cônes dans la fovea est,

d'après M. Schultze,	de	0,0020	à 0,0025
— H. Müller,	de	0,0015	à 0,0020
— Welker,	de	0,003	à 0,0036

On voit par là que les cônes sont assez petits pour répondre à l'exactitude des perceptions dont il s'agit.

---

(1) *Archives d'ophtalmologie*, t. II, p. 308.
(2) Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 296.

II

Définition de l'acuité visuelle. — Causes de ses variations. De l'œil réduit.

On divise l'acuité visuelle en acuité centrale et en acuité périphérique, suivant que la vision s'exerce à l'aide des parties centrales de la rétine (tache jaune), ou à l'aide des parties périphériques. La sensibilité de la rétine décroît rapidement à mesure qu'on s'éloigne de la *fovea centralis;* vers la région équatoriale, le degré d'acuité devient tellement faible qu'il ne subsiste plus là que la vision d'avertissement.

La définition de l'acuité visuelle, celle que nous adoptons, est la suivante : *l'acuité visuelle d'un œil est l'inverse du plus petit angle sous lequel cet œil peut encore reconnaître la forme d'objets donnés.*

Si on désigne la valeur de cet angle par α, on peut poser, d'après la définition,

$$V = \frac{1}{\alpha}.$$

La grandeur de ce plus petit angle α est fonction de la netteté de l'image rétinienne formée par l'objet vu sous cet angle.

Cette netteté de l'image dépend de quatre conditions principales :

1° De la grandeur de l'image rétinienne;

2° De l'éclairement de l'objet;

3° Du diamètre de la pupille;

4° De l'état de l'organe visuel.

---

(1) On a l'habitude de désigner l'acuité visuelle par la lettre V.

La grandeur de l'image rétinienne peut, malgré l'égalité de l'angle, être différente dans les différents yeux, selon la structure dioptrique de l'œil. Ainsi, pour un même angle visuel, les images rétiniennes sont très différentes, chez les yeux amétropes, de celles qu'elles sont chez l'œil emmétrope. L'influence des verres correcteurs sur la grandeur des images rétiniennes sera traitée avec détail dans le cours de cette étude.

La façon dont l'objet est éclairé est un des facteurs qui font le plus varier la netteté de l'image rétinienne et, par suite, l'angle α. Nous consacrons un chapitre spécial à cette cause importante de la variation de l'acuité visuelle.

Le diamètre de la pupille intervient aussi dans la valeur minima de l'angle sous lequel un objet peut être vu nettement, à cause de l'aberration de sphéricité que la pupille tient sous sa dépendance et qui nuisent à la netteté de la perception rétinienne. Nous étudierons d'une façon particulière l'influence de la grandeur de la pupille sur l'acuité visuelle.

Enfin, la netteté des images rétiniennes dépend encore de l'état de l'organe : on conçoit facilement que si les milieux réfringents de l'œil, humeur aqueuse, cristallin, corps vitré, ne sont pas d'une transparence parfaite, la valeur de l'angle α devra être plus grande que pour un œil sain. La qualité des éléments sensibles de la rétine agira de la même façon sur la netteté des images. Nous laisserons de côté, dans ce travail, les modifications de l'état de l'appareil visuel produites par les maladies, pour ne considérer que les modifications physiologiques ayant pour cause l'accroissement de l'âge.

Unité d'acuité visuelle. — En prenant pour base la valeur du minimum separabile telle que l'ont indiquée Hooke, Giraud-Teulon et Snellen, on a choisi comme unité d'acuité celle d'un œil capable de reconnaître, sous l'angle de 5 minutes, des caractères d'imprimerie dont l'épaisseur du trait est le cinquième de la hauteur : l'angle sous lequel chaque trait est vu est, par conséquent, d'une minute. Cette unité est, comme

toutes les autres, purement conventionnelle; elle n'a rien d'absolu. On pourrait tout aussi bien prendre comme base l'angle de 30 secondes : l'unité serait alors deux fois plus petite. Nous verrons qu'une telle unité répondrait bien mieux à l'acuité normale, physiologique.

Avant d'indiquer comment se mesure l'acuité visuelle, nous croyons utile d'exposer sur quelles données physiques sont établis les calculs qui ont trait à l'œil humain.

L'œil, au point de vue physique, est formé de trois dioptres convergents : le premier est la cornée; le second, la face antérieure du cristallin; le troisième, la face postérieure du cristallin.

Grâce aux méthodes imaginées et aux instruments sensibles que les physiciens et les ophtalmologistes ont aujourd'hui à leur service, on a pu effectuer, avec toute la rigueur et l'exactitude qu'elles exigent, les mesures des éléments dioptriques de l'œil.

Courbures. — C'est sur la cornée que le plus grand nombre de mensurations de courbure ont été effectuées. Cela tient, ainsi que le dit M. le professeur Imbert, dans son traité sur *les Anomalies de la Vision,* à la part importante qui revient à la cornée dans l'effet réfringent total de l'œil et surtout au défaut de symétrie que présente souvent le dioptre cornéen, défaut de symétrie qui est la cause d'une anomalie de réfraction très commune, l'astigmatisme.

Donders a trouvé des rayons de courbure variant chez les hommes de $8^{mm}396$ à $7^{mm}28$, et chez les femmes de $8^{mm}487$ à $7^{mm}115$.

Mauthner donne comme courbure moyenne de ses expériences $7^{mm}67$. Bourgeois et Tscherning ont constaté des courbures extrêmes de $8^{mm}92$ et une moyenne de $7^{mm}82$.

Pour la face antérieure du cristallin, on sait qu'elle varie à chaque instant dans le phénomène de l'accommodation : on a déterminé les courbures maxima et minima qui correspondent, la première à la vision à petite distance, la seconde à la vision des objets éloignés.

Les moyennes d'un grand nombre de déterminations ont conduit à admettre une courbure minima de 10 millimètres et maxima de 6 millimètres.

Enfin, le troisième dioptre, la face postérieure du cristallin, varie un peu de courbure pendant l'accommodation; les moyennes trouvées sont : courbure minima 6 millimètres, courbure maxima $5^{m}5$.

Indices de réfraction. — Ces mesures d'indice ne peuvent être prises que sur le cadavre. Cependant, M. H. Bertin-Sans (1) a pu, 2 h. 35 après la mort d'un supplicié de 23 ans, déterminer les indices de réfraction du cristallin; il a trouvé : couche externe 1,3845; couche moyenne 1,402; noyau 1,410, à 21°C.

60 heures après, l'autre cristallin ayant été conservé dans de l'humeur vitrée de bœuf, il a trouvé les mêmes nombres; ce qui prouve, comme Krause l'avait indiqué pour des yeux de veau, que les indices des différentes couches du cristallin humain peuvent conserver assez longtemps les mêmes valeurs.

L'indice de réfraction de l'eau étant pris égal à 1,3351, Helmholtz a trouvé, pour l'humeur aqueuse, 1,3365; pour l'humeur vitrée 1,3382; pour le cristallin (couche externe) 1,4189. L'indice de réfraction du cristallin étant variable suivant la couche considérée, on a cherché à mesurer l'indice se rapportant à chaque couche. W. Krause (2) a trouvé pour la couche externe 1,4053; couche moyenne 1,4294; noyau 1,4541. Helmholtz a pu calculer l'indice qu'il faudrait attribuer à une lentille homogène de même forme que la lentille cristallinienne

(1) *Montpellier médical*, t. II, 1893, p. 96.
(2) Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 104.

pour que son pouvoir dioptrique fût égal à celui de cette dernière. Cet indice total du cristallin est supérieur à celui du noyau cristallinien, ce qui prouve que le cristallin produit un effet réfringent supérieur à celui d'une lentille homogène de même forme dont l'indice serait égal à celui du noyau.

L'œil humain est-il un système centré? Helmholtz conclut que les trois dioptres constitutifs de l'œil ne sont pas *exactement* centrés. Toutefois, on admet que le défaut de centrage est assez faible pour qu'on puisse le négliger.

Œil schématique.

Si on attribue à l'humeur aqueuse et au corps vitré un indice de réfraction égal à celui de l'eau (ce qui ne s'écarte pas sensiblement de la réalité), si on fait abstraction des défauts de symétrie de la cornée et si on admet le centrage des dioptres cornéens et cristalliniens, on peut regarder le système dioptrique oculaire comme constitué par un milieu réfringent unique, séparé de l'air par une surface sphérique, et contenant dans son sein une lentille homogène d'indice égal à l'indice total du cristallin, constituant, avec la cornée, un système centré. Tel est l'œil schématique. On peut alors appliquer à ce système dioptrique les calculs et les raisonnements que l'on fait sur les systèmes centrés. Cet œil schématique possède donc des points nodaux, des plans principaux et focaux dont les positions sur l'axe ont été calculées par Helmholtz (1).

Œil réduit.

Les points principaux de l'œil schématique étant très rapprochés l'un de l'autre, on a simplifié davantage encore le schéma de l'œil en supposant ces points confondus en un seul placé sur l'axe à 2 millimètres en arrière de la cornée de l'œil schématique. Les points nodaux sont de même très voisins; suppo-

(1) Tableau d'Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 154.

sons-les réunis et coïncidant avec le centre de courbure du dioptre passant par le point principal unique.

Enfin, si l'on suppose que l'œil ainsi simplifié est constitué par un même milieu réfringent dont l'indice est le même que celui de l'eau, on obtient l'*œil réduit* de Listing et Donders.

Il est formé d'un dioptre unique ayant un rayon de courbure de 5 millimètres limitant un milieu dont l'indice est $\frac{4}{3}$.

Si l'on calcule les distances des plans focaux au pôle du dioptre, on trouve 15 millimètres pour la distance focale antérieure et 20 millimètres pour la distance focale postérieure. Ces foyers sont respectivement à 13 et à 22 millimètres du sommet de la cornée de l'œil schématique; ils se confondent donc très sensiblement avec les plans focaux de cet œil schématique, qui sont à $12^{mm}918$ et $22^{mm}23$ de ce même pôle de la cornée.

Le dioptre unique constitué par l'œil réduit, pour pouvoir être substitué à l'œil schématique, doit être équivalent au système centré formé par cet œil schématique. Nous venons de voir que ses distances focales sont très sensiblement les mêmes, que le point principal unique et le centre de courbure coïncident approximativement et respectivement avec les points principaux et nodaux de l'œil schématique; il reste à voir la valeur du rapport des deux distances focales. — On sait que dans tout système centré, si on appelle n l'indice de réfraction du milieu d'émergence par rapport au milieu d'incidence, le rapport des distances focales est égal à n, quels que soient les indices des milieux intermédiaires et leur nombre. Dans le cas de l'œil schématique, le rapport des distances focales est égal à l'indice de l'humeur vitrée 1,33.

Pour l'œil réduit, qui est un dioptre convergent, les valeurs des distances focales sont

$$f = \frac{r.n}{n-1} \qquad \text{et} \qquad f' = \frac{r}{n-1}.$$

Leur rapport est

$$\frac{f}{f'} = \frac{n(n-1)}{(n-1)} = n = 1{,}33 \text{ ou } \frac{4}{3}.$$

Par conséquent, l'œil réduit constitue un système dioptrique *équivalent* à l'œil schématique, et on a le droit, au point de vue physique, de substituer le premier au second.

Il n'en est pas du tout de même lorsqu'il s'agit des lentilles; ce rapport des distances focales est égal à 1, puisque $f = f'$: une lentille n'est donc pas équivalente à l'œil schématique, et jamais on n'a le droit de remplacer l'œil par une lentille convergente. C'est cependant ce qu'on trouve assez souvent écrit dans les ouvrages d'ophtalmologie. Nous ne saurions trop nous élever contre une pareille confusion.

L'œil réduit de Listing, construit avec les dimensions simples que nous avons indiquées, peut être regardé comme conduisant à des résultats qui seront en général suffisamment approchés. C'est sur lui que nous raisonnerons dans la suite de ce travail.

L'avantage de cet œil réduit sur l'œil schématique, c'est que les formules compliquées relatives aux points principaux et nodaux n'ont pas besoin d'être appliquées : ces calculs ne doivent être employés que si l'on raisonne sur l'œil schématique.

On a réalisé l'œil réduit : nous citerons seulement l'œil réduit de Landolt; ceux de Badal, de Perrin, de Parent, etc., étant formés par une lentille, ne peuvent pas servir lorsqu'on veut vérifier ce qui se passe dans l'œil humain, car ils ne constituent pas un système dioptrique *équivalent* à l'œil schématique; nous venons de dire pourquoi. Seul, l'œil artificiel de Landolt est équivalent à l'œil schématique; il se compose d'une petite caisse *pleine d'eau* et possède une cornée en verre mince ayant 5 millimètres de rayon de courbure.

III

Mesure de l'acuité visuelle.

Soit un œil qui, sous un angle minimum α, peut distinguer nettement la forme d'un objet AB; d'après la définition que nous avons donnée de l'acuité visuelle, on peut écrire

$$V = \frac{1}{\alpha}.$$

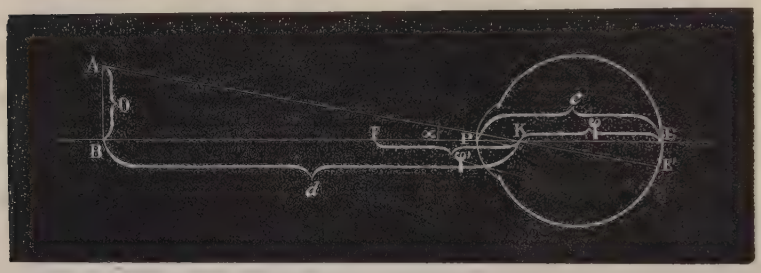


Fig. 1.

Le triangle ABK étant rectangle, on a

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{o}{d},$$

o étant la grandeur de l'objet AB et d sa distance à l'œil.

L'angle α étant très petit (5′ et souvent moins), on peut, en vertu des lois de Képler, remplacer la tangente par l'angle lui-même et écrire

$$\alpha = \frac{o}{d}.$$

Substituons cette valeur à α et nous obtenons

$$V = \frac{d}{o}.$$

Mise sous cette forme, cette formule montre : 1° que l'acuité d'un œil est, pour un même objet, d'autant plus grande que la distance à laquelle l'œil est placé est elle-même plus grande ; 2° que pour une même distance, l'acuité est d'autant plus grande que l'objet dont on peut distinguer la forme est plus petit.

Si nous considérons un autre œil capable de distinguer à la distance d' un objet o', son acuité visuelle V' sera représentée par

$$V' = \frac{d'}{o'}.$$

Si nous supposons que l'acuité V' est celle que nous avons prise pour unité d'acuité, la mesure de l'acuité V du premier œil est le rapport

$$\frac{V}{V'},$$

car on sait que mesurer une grandeur, c'est chercher combien de fois l'unité choisie est contenue dans la grandeur à mesurer.

En remplaçant V et V' par leurs valeurs respectives, on a

$$\frac{V}{V'} = \frac{\frac{d}{o}}{\frac{d'}{o'}} = \frac{d}{d'} \times \frac{o'}{o},$$

et puisque $V' = 1$,

$$V = \frac{d}{d'} \times \frac{o'}{o}.$$

On peut remarquer que si on fait $o' = o$,

$$V = \frac{d}{d'},$$

et que si on fait $d = d'$,

$$V = \frac{o'}{o}.$$

Il résulte de là qu'il y a deux façons de mesurer l'acuité

visuelle : soit en faisant regarder à tous les yeux le même objet et en faisant varier la distance, soit en laissant la distance constante pour tous les yeux et en faisant regarder des objets de grandeur variable.

1re Méthode. — *Objet de grandeur fixe, distance variable.*

L'objet fixe sera, par exemple, des caractères d'imprimerie de même grandeur, dont l'épaisseur du trait est le cinquième de la hauteur, ou des traits équidistants à intervalles égaux. Soit d' la distance à laquelle l'œil d'acuité unité distingue nettement l'objet-type, et soit d la distance à laquelle l'œil d'acuité inconnue est obligé de se placer pour voir distinctement le même objet. La mesure de son acuité s'obtient en prenant le rapport de la seconde distance d à la première d', et on a

$$V = \frac{d}{d'}.$$

Dans cette méthode, une seule ligne de lettres-types suffit pour déterminer toutes les acuités; il n'y a que les distances qui varient.

Exemple : Supposons des caractères d'imprimerie ayant 54 millimètres de hauteur et tels que l'épaisseur des traits soit égale au cinquième de cette hauteur. On cherche une fois pour toutes à quelle distance ces caractères sont vus sous l'angle de 5′, c'est-à-dire par l'œil d'acuité 1; dans ce cas, on trouve 36 mètres.

Si un œil est obligé de se placer à 29 mètres pour distinguer ces lettres, son acuité est

$$V = \frac{29}{36}.$$

Un autre œil qui serait obligé de se mettre à 32 mètres aurait une acuité de

$$V = \frac{32}{36}.$$

On voit que ces deux acuités diffèrent de $\frac{3}{36}$.

Cette méthode permet, en prenant des objets assez grands, de déterminer V avec une grande approximation. Si, en effet, deux yeux sont tels que l'un doive se placer à 31 mètres, et l'autre à 31^{m}50, leurs deux acuités différeront de

$$\frac{31{,}5 - 31}{36} = \frac{0{,}5}{36} = \frac{1}{72},$$

et on conçoit qu'on puisse déterminer des différences encore plus petites.

Cette méthode présente donc un grand avantage lorsqu'on veut avoir une mesure aussi exacte que possible. Mais elle exige qu'on ait à sa disposition un espace suffisamment grand pour pouvoir faire varier les distances.

La plupart des auteurs indiquent qu'en clinique ophtalmologique la mesure de l'acuité se fait en prenant le rapport des distances d et d'; en sorte qu'il semble que c'est la méthode que nous venons de décrire. Il n'en est rien cependant. Dans les cliniques ophtalmologiques, au lieu de *faire varier les distances,* on place tous les yeux à la même distance. Ce qu'on fait varier, c'est la grandeur de l'objet-type. C'est, par conséquent, la méthode que nous allons décrire maintenant qui est utilisée.

2^{e} Méthode. — *Distance fixe, objets de grandeur variable.*

On choisit comme distance fixe, soit 6 mètres (Snellen), soit 5 mètres (Monoyer). Les objets présentés aux yeux dont on veut mesurer l'acuité varient de grandeur : il sont disposés, en général, sur un tableau par ordre de hauteur croissante ou par ordre de hauteur décroissante. Ce sont, le plus souvent, des lettres, quelquefois des traits, dans quelques cas des points. Quelle que soit la forme choisie, ces caractères constituent ce qu'on est convenu d'appeler : échelles d'acuité, échelles optométriques, optotypes, test-types, échelles typographiques, etc., dont nous allons longuement parler. On

détermine, une fois pour toutes, la grandeur des lettres qui, à la distance fixe choisie, apparaissent sous l'angle de 5′. Soit o' cette grandeur; on cherche ensuite, en faisant placer l'œil à cette même distance, quelle est la grandeur des caractères les plus petits qu'il peut distinguer encore nettement. Soit o cette grandeur.

L'acuité de l'œil est donnée par le rapport

$$V = \frac{o'}{o}.$$

La hauteur des lettres qui, à 5 mètres, sont vues sous l'angle de 5′, est de $7^{mm}5$. Si un œil ne peut distinguer que celles qui ont une grandeur de $11^{mm}25$, son acuité est évidemment

$$\frac{7,5}{11,25} = \frac{2}{3}.$$

Il suffit donc, dans cette méthode, de noter à côté de chaque rangée de lettres leur grandeur : l'acuité sera donnée par le rapport $\frac{o'}{o}$.

Il est encore plus simple, et c'est ce qui a été fait par plusieurs auteurs, de noter, en face de chaque ligne de caractères, le rapport $\frac{o'}{o}$ tout calculé. Si les lettres vont par ordre de grandeur décroissante, la valeur de V indiquée en marge sera, par exemple,

$$\frac{1}{10},\ \frac{1}{6},\ \frac{1}{4},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{2},\ \frac{2}{3},\ 1,$$

ou bien (Monoyer)

1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1.

Cette méthode, plus commode que la première, ne permet pas de donner la mesure de V avec une approximation aussi grande; elle est donc moins précise et d'une sensibilité moindre; en revanche, elle n'oblige pas à posséder un espace bien grand, puisque 5 mètres suffisent.

Nous avons dit plus haut que c'est à cette méthode qu'on a recours en clinique. Nous allons le justifier maintenant. En effet : 1° la distance est la même pour tous les yeux ; 2° au-dessus ou à côté de chaque ordre de lettres se trouvent, en général, des numéros qui, au lieu de représenter la grandeur des objets-types, représentent la distance à laquelle ces objets sont vus sous l'angle de 5′. Mais si on fait le rapport $\frac{o'}{o}$ et qu'on le compare à celui obtenu en prenant, d'une part, le nombre placé à côté de la ligne lue par l'œil d'acuité 1, d'autre part, le nombre placé à côté de la ligne lue par l'œil d'acuité inconnue, on trouve qu'il y a égalité. Cela se comprend aisément : le numéro de chaque ligne de caractères n'est pas autre chose que le produit de la grandeur de chaque ordre de lettres par la constante 66,66, et il est évident alors que

$$\frac{o'}{o} = \frac{o' \times 66{,}66}{o \times 66{,}66}.$$

Le résultat est donc le même qu'on prenne (comme l'indique la méthode) $V = \frac{o'}{o}$ ou le rapport des numéros que portent les échelles ordinaires. L'approximation obtenue par le rapport adopté en clinique n'est pas plus grande que si on prenait le rapport des grandeurs des objets.

Il serait donc beaucoup plus *méthodique* d'indiquer la grandeur de chaque ordre de caractères ; de plus, la définition de la mesure de l'acuité y gagnerait en clarté : le plus souvent on fait un mélange des deux méthodes, qui devraient être bien séparées l'une de l'autre. La difficulté qu'éprouvent les étudiants et les lecteurs disparaîtrait certainement et la confusion qu'entraîne ce mélange serait remplacée par une clarté que devraient rechercher spécialement les ophtalmologistes.

Quoi qu'il en soit, la mesure de l'acuité sera faite au moyen de la seconde méthode chaque fois que la distance sera constante pour tous les yeux. C'est ce qui a lieu en particulier dans l'optomètre du professeur Badal et dans ceux du même

genre. Ici, en effet, tout se passe comme si l'échelle optométrique, ou plutôt sa réduction photographique, se trouvait placée dans un des plans principaux de la lentille, c'est-à-dire, dans le cas où le centre optique de l'œil coïncide avec le foyer de la lentille, à la distance de 63 millimètres. L'acuité est toujours donnée par le rapport $\frac{o'}{o}$ de la grandeur de l'objet vu sous l'angle de 5′ à celle de l'objet le plus petit vu distinctement par l'œil examiné.

IV

Modifications de la grandeur des images rétiniennes par les verres correcteurs dans les différentes amétropies.

Les différentes méthodes de mesure de l'acuité visuelle que nous venons d'exposer s'appliquent à l'œil emmétrope; lorsque l'œil à examiner est amétrope, son anomalie de la réfraction doit être corrigée. Le verre correcteur forme alors avec l'œil un système dioptrique centré qui produit des images rétiniennes différentes de celles formées par les mêmes objets dans l'œil nu. Les mêmes objets (lettres, traits ou points) devant servir à la mesure de l'acuité pour tous les yeux, quel que soit l'état de réfraction, on doit se demander quel est l'effet produit par le verre correcteur sur la grandeur des images rétiniennes. Si, en effet, une même lettre, pour la même distance, ne donnait pas dans un œil amétrope corrigé une image rétinienne de même grandeur que celle de l'œil emmétrope, les mesures de l'acuité ne seraient pas comparables pour tous les yeux.

En effet, considérons les amétropies axiles: un même objet AB fournit dans chaque œil des images $HH' < EE' < MM'$:

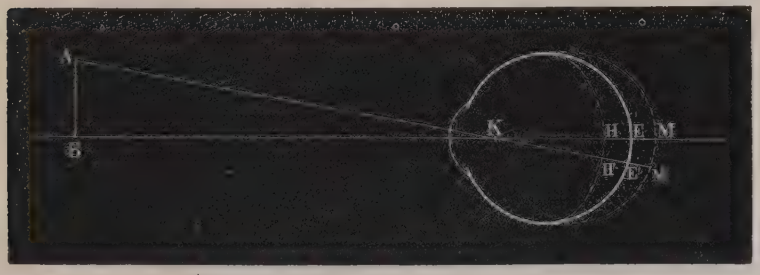


Fig. 2.

On ne voit pas *a priori* pourquoi le verre correcteur rend ces images rétiniennes égales.

De même, si on considère les amétropies de courbure, qui

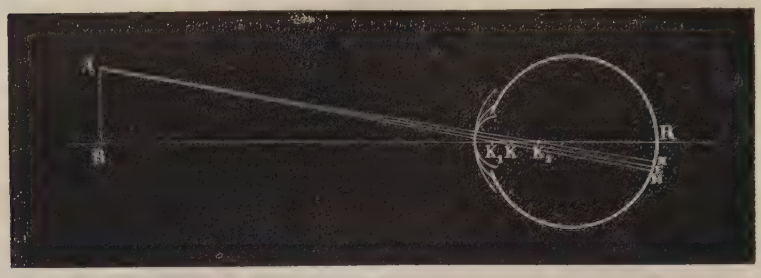


Fig. 3.

sont produites, non par une variation dans la longueur de l'axe, mais par une variation dans la courbure de la cornée de l'œil, l'objet AB donne les images rétiniennes RH < ER < RM. Là aussi, on ne voit pas, *a priori*, dans quelles conditions et pourquoi le verre correcteur de chaque amétropie rend les images rétiniennes égales à celles de l'œil emmétrope.

Des démonstrations ont été données, avant nous. Ainsi Knapp, de New-York, pour les amétropies axiles, a appliqué les formules de Helmholtz, et il a trouvé qu'un même objet est vu, quand la correction de l'amétropie est faite, *sous le même angle* que pour l'œil emmétrope (1).

Landolt (2) arrive aussi à la même conclusion, indirecte, en employant la même méthode, qui repose sur la considération des systèmes centrés : ce qui entraîne des longueurs et rend la démonstration pénible.

Enfin Gullstrand (3), en 1891, montra que pour les angles focaux égaux, dans le cas des amétropies axiles, et des angles principaux égaux, dans le cas des amétropies de courbure, les images rétiniennes sont égales à celles de l'œil emmétrope.

Les calculs que nous allons exposer ont l'avantage sur ceux

(1) *Annales d'oculistique*, 1872, t. LXVII, p. 191.
(2) *Traité d'ophtalmologie* (de Wecker et Landolt), t. I, p. 478.
(3) *Revue générale d'ophtalmologie*, 1891, p. 299.

des auteurs précités de s'appliquer à la *grandeur même* de l'image rétinienne : le raisonnement se fait sur l'*œil réduit* dans lequel, on le sait, on ne doit pas faire entrer la considération de points nodaux ou principaux. En un mot, les démonstrations suivantes sont élémentaires, tout en conservant une approximation tout aussi grande que celles de Landolt, et de plus elles sont directes et tout à fait générales.

1° *Amétropies axiles.*

Considérons l'œil réduit dans le cas de l'emmétropie (voir *fig.* 1, p. 26), et soit un objet AB (par exemple une des lettres de l'échelle de Snellen) placé à la distance *d*. L'image rétinienne de cet objet s'obtient en joignant le point A au centre optique de l'œil réduit.

Désignons l'image rétinienne EE′ par i_e, la distance KE du centre optique à la rétine par φ, et la grandeur de l'objet AB par *o*.

Les triangles EKE′ et AKB donnent évidemment :

$$\frac{EE'}{KE} = \frac{AB}{BK}, \quad \text{ou} \quad \frac{i_e}{\varphi} = \frac{o}{d},$$

relation que nous allons avoir à utiliser plus loin.

1er Cas. — *Œil myope.* — Le verre correcteur d'une amétropie axile se place dans le plan focal antérieur de l'œil : nous supposons que le degré de myopie est exactement corrigé par le verre divergent.

Soit le même objet AB placé à la même distance *d* de l'œil. Pour obtenir l'image rétinienne, on ne peut plus réunir simplement par une ligne droite le point A au point K, à cause de la présence de la lentille divergente.

Ici, il faut construire un rayon incident émanant du point A et tel qu'après sa réfraction à travers la lentille il donne naissance à un réfracté passant par le centre optique K de l'œil.

Remarquons que le prolongement de l'incident à construire

viendra couper l'axe en un point K′ qui est le foyer conjugué de K. La question est ramenée à la suivante : Connaissant un point lumineux K, déterminer son foyer conjugué.

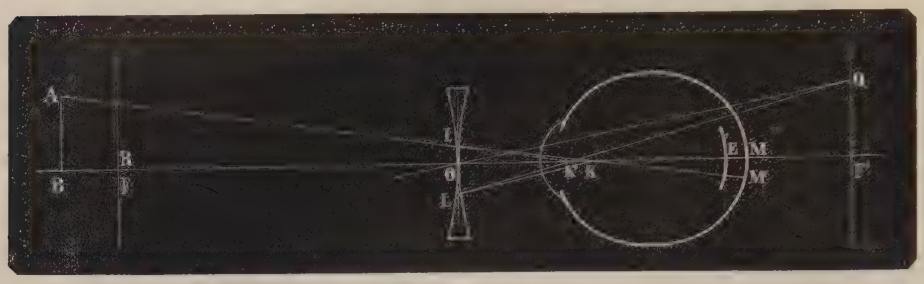


Fig. 4.

Les plans focaux de la lentille divergente étant en F et F′, il suffit de mener du point K un incident quelconque KL, de construire l'axe secondaire OQ parallèle; le prolongement du réfracté de KL est évidemment LQ, qui coupe l'axe en K′ : ce point K′ est le foyer conjugué de K.

Il est facile maintenant de construire l'image rétinienne de AB. On joint AK′ qui détermine sur la lentille le point I qu'on joint au centre optique K : MM′ est l'image produite par AB sur la rétine de l'œil myope muni de son verre correcteur. — Nous allons démontrer d'une façon très simple que cette image rétinienne MM′ est de même grandeur que celle produite par le même objet, placé à la distance d, dans l'œil emmétrope.

Nous désignerons l'image rétinienne MM′ par i_m;
la distance OK par φ';
la longueur KE par φ (œil emmétrope);
l'excès de longueur EM de l'œil myope sur l'œil emmétrope par ε.

Considérons les triangles MM′K et IOK; on peut écrire :

$$\frac{i_m}{IO} = \frac{KM}{\varphi'}, \qquad \text{d'où} \qquad i_m = \frac{IO.KM}{\varphi'}.$$

Il faut trouver IO et KM.

Les triangles K'IO et K'AB donnent

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{o}{d}.$$

Mais nous avons trouvé plus haut que

$$\frac{o}{d} = \frac{i_e}{\varphi};$$

par suite on a

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{i_e}{\varphi}.$$

On sait que la formule classique des lentilles divergentes est

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}.$$

K et K' étant les foyers conjugués l'un de l'autre par rapport à la lentille, on a ici

$$\frac{1}{OK} - \frac{1}{OK'} = -\frac{1}{OF}.$$

Il faut remarquer que la lentille étant le verre correcteur de l'œil myope considéré, son plan focal coïncide avec le punctum remotum de l'œil, et que par suite $\frac{1}{OF}$ représente, en dioptries, le degré N de myopie de l'œil : $\frac{1}{OF} = N$.

Par suite, la formule devient

$$\frac{1}{\varphi'} - \frac{1}{OK'} = -N,$$

d'où

$$OK' = \frac{\varphi'}{N\varphi' + 1}.$$

En remplaçant OK' par cette valeur, on a

$$IO = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\varphi'}{N\varphi' + 1}.$$

Il ne reste plus qu'à évaluer KM; c'est $\varphi + \varepsilon$.

Puisque F coïncide avec le punctum remotum de l'œil myope,

M est son foyer conjugué par rapport au dioptre que représente l'œil réduit; on a

$$OF \times EM = OP \times PE,$$

ou

$$EM = \frac{1}{OF} . OP \times PE;$$

mais comme $OP = KE = \varphi$ et $PE = OK = \varphi'$, on a

$$\varepsilon = N.\varphi.\varphi',$$

d'où

$$KM = \varphi + \varepsilon = \varphi + N\varphi\varphi' = \varphi (1 + N\varphi').$$

Si on remplace IO et KM par leurs valeurs, on a

$$i_m = \frac{i_e}{\varphi} . \frac{\varphi'}{N\varphi' + 1} \times \frac{\varphi(N\varphi' + 1)}{\varphi'};$$

en simplifiant, il vient

$$i_m = i_e.$$

Donc, l'image rétinienne que produit un même objet placé à une même distance est de même grandeur dans l'œil emmétrope et dans l'œil myope muni de son verre correcteur quand celui-ci est dans le plan focal de cet œil.

2e Cas. — *Hypermétropie.* — L'hypermétropie axile est caractérisée par un défaut de longueur de l'œil. Soit un œil hypermétrope corrigé au moyen d'une lentille convergente placée dans le plan focal antérieur, et un objet, AB, le même que précédemment, situé à une distance d de cet œil.

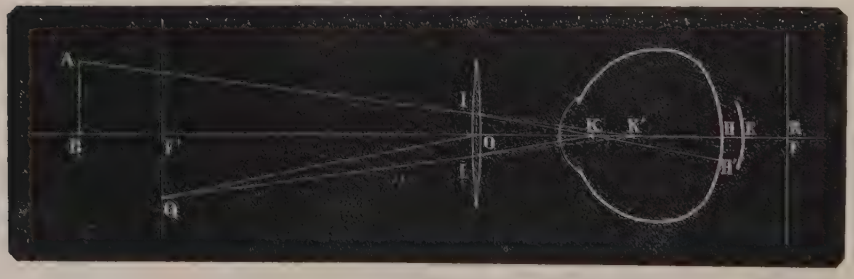


Fig. 5.

Pour construire l'image rétinienne de AB, il faut trouver

l'incident qui, après réfraction à travers la lentille, passera par le centre optique K, ce qui revient à chercher le foyer conjugué K′ de K.

Pour cela, les plans focaux de la lentille convergente étant en F et F′, menons par K un rayon quelconque KL : son réfracté est QL, qui, prolongé, coupe l'axe en K′, point cherché.

En joignant AK′, on a le point I sur la lentille, et IK coupe la rétine en H′ : HH′ est l'image rétinienne de AB.

Désignons HH′ par i_h;

KE par φ (œil emmétrope);

OK par φ';

HE par ε.

Les triangles KHH′ et IOK donnent

$$\frac{i_h}{IO} = \frac{KH}{\varphi'},$$

d'où

$$i_h = \frac{IO \times KH}{\varphi'}.$$

Il faut chercher IO et KH. Or, dans les triangles K′IO et K′AB, on a

$$\frac{IO}{K'O} = \frac{o}{d}.$$

Comme nous l'avons déjà vu,

$$\frac{o}{d} = \frac{i_e}{\varphi},$$

et

$$\frac{IO}{K'O} = \frac{i_e}{\varphi}.$$

Si on applique la formule classique des lentilles convergentes, qui est dans ce cas (point lumineux K entre la lentille et son foyer)

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f},$$

on obtient

$$\frac{1}{OK} - \frac{1}{OK'} = \frac{1}{OF'}.$$

Puisque la lentille corrige exactement l'hypermétropie de l'œil considéré, le foyer F′ coïncide avec le punctum remotum virtuel de cet œil; il en résulte que $\frac{1}{OF'}$ représente en dioptries le degré N de l'hypermétropie, d'où

$$\frac{1}{\varphi'} - \frac{1}{OK'} = N.$$

On tire de là

$$OK' = \frac{\varphi'}{1 - N\varphi'},$$

ce qui donne pour IO

$$IO = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\varphi'}{1 - N\varphi'}.$$

La longueur KH est égale à $\varphi - \varepsilon$.

Puisque F′ est le punctum remotum de l'œil, H est son foyer conjugué par rapport à l'œil et on a

$$-OF' \times -HE = OP \times PE,$$

ou

$$HE = \frac{1}{OF'} \times OP.PE,$$

ou encore

$$\varepsilon = N\varphi\varphi'.$$

Par suite

$$KH = \varphi - N\varphi\varphi' = \varphi(1 - N\varphi').$$

En remplaçant IO et KH par leurs valeurs ainsi déterminées. on obtient

$$i_h = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\varphi'}{1 - N\varphi'} \times \frac{\varphi(1 - N\varphi')}{\varphi'},$$

ou

$$i_h = i_e.$$

Il résulte clairement de ces démonstrations que des objets donnés fournissent sur la rétine des yeux amétropes axiles corrigés des images égales à celles formées, dans les mêmes conditions, sur la rétine de l'œil emmétrope.

Il est facile de voir sur les figures que si le verre correcteur de chaque amétropie n'était pas le plan focal antérieur de l'œil, il n'y aurait plus égalité des images rétiniennes ; si, par exemple, le verre correcteur était placé plus loin que le plan focal, les images diminueraient dans le cas de la myopie et augmenteraient dans le cas de l'hypermétropie.

2° *Amétropies de courbure.*

Ce genre d'amétropie est moins fréquent que le premier. Ici, c'est l'excès ou le défaut de courbure qui produit la myopie ou l'hypermétropie.

Comme pour les amétropies axiles, nous avons cherché ce que deviennent les images rétiniennes lorsque ces yeux amétropes sont munis de leurs verres correcteurs.

Il faut d'abord remarquer que ce qui cause l'amétropie, c'est la position du centre optique K sur l'axe : quoique la longueur de l'œil soit la même pour l'œil emmétrope et pour les yeux amétropes de courbure, *la distance du centre optique à la rétine est différente pour chacun.*

Si on désigne par o la grandeur d'un objet placé à une distance d de l'œil emmétrope, et par i_e l'image rétinienne de cet objet, on a (v. fig. 1) :

$$\frac{i_e}{\varphi} = \frac{o}{d}.$$

1er Cas. — *Œil myope.* — Soit un œil myope caractérisé par ce fait que le rayon r de sa cornée est plus petit que celui de la cornée de l'œil emmétrope. — Sa longueur PE $= e$, a même que pour l'emmétrope.

Plaçons devant cet œil une lentille divergente capable de corriger exactement la myopie. Appelons δ la distance OK qui sépare cette lentille du centre optique K. A la distance d est l'objet AB $= o$.

Pour construire l'image rétinienne de l'objet AB, il faut trouver un rayon qui, émanant du point A, passe, après

réfraction à travers la lentille, par le centre optique K de l'œil. — Ce qui revient à trouver le foyer conjugué de K par rapport au verre correcteur.

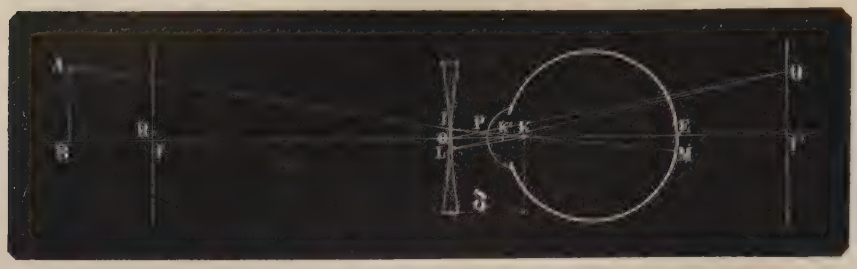


Fig. 6.

On mène un rayon quelconque KL dont le réfracté prolongé est LQ : le point K′ est le foyer conjugué de K. En joignant AK′, on détermine le point I qu'il suffit de joindre à K pour obtenir l'image rétinienne EM de AB : désignons-la par i_m.

Dans les triangles EKM et IOK, on a

$$\frac{i_m}{KE} = \frac{IO}{OK},$$

ou

$$\frac{i_m}{e - r} = \frac{IO}{\delta},$$

d'où

$$i_m = \frac{IO \times (e - r)}{\delta}.$$

Il faut évaluer IO et le rayon r.

Les triangles dont le sommet commun est en K′, c'est-à-dire IOK′ et ABK′, donnent

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{o}{d},$$

ou encore, comme on l'a vu plus haut,

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{i_e}{\varphi}.$$

La formule classique des lentilles divergentes est ici

$$\frac{1}{OK} - \frac{1}{OK'} = -\frac{1}{OF}.$$

Puisque la lentille est exactement correctrice de la myopie considérée, F coïncide avec le punctum remotum de l'œil, et par suite $\frac{1}{OF} = N$.

L'équation précédente devient

$$\frac{1}{\delta} - \frac{1}{OK'} = -N,$$

d'où

$$OK' = \frac{\delta}{N\delta + 1}.$$

On a ainsi, pour IO, la valeur

$$IO = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\delta}{(N\delta + 1)}.$$

Évaluons maintenant le rayon de courbure r.

On sait que si, dans un dioptre, on appelle p la distance d'un point lumineux au pôle, p' la distance de son foyer conjugué au pôle, r le rayon du dioptre et n son indice de réfraction, on a

$$\frac{1}{p} + \frac{n}{p'} = \frac{n-1}{r}.$$

Cette formule s'applique ici en remarquant que le point R est le remotum de l'œil et par suite le foyer conjugué de la rétine E; la fraction $\frac{1}{p}$ est le degré N de myopie de l'œil, et p' est la longueur e de l'axe antéro-postérieur de l'œil. On a donc

$$N + \frac{n}{e} = \frac{n-1}{r},$$

ou

$$r(eN + n) = e(n - 1),$$

d'où

$$r = \frac{e(n-1)}{eN + n}.$$

La valeur de KE est

$$KE = e - r = e - \frac{e(n-1)}{eN + n} = \frac{e(1 + eN)}{eN + n}.$$

En substituant à IO et à KE leurs valeurs respectives, il vient

$$i_m = \frac{i_e}{\varphi} \times \frac{\delta . e\,(1 + eN)}{(eN + n)\,(1 + N\delta).\delta},$$

ou

$$i_m = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{e\,(1 + eN)}{(eN + n)\,(1 + N\delta)}.$$

Le rapport $\frac{e}{\varphi}$ n'est pas autre chose que le rapport des deux distances focales de l'œil réduit (*fig.* 1) : il est égal à l'indice n de l'œil. On a donc

$$i_m = \frac{i_e \times n.(eN + 1)}{(eN + n)\,(1 + N\delta)}.$$

Cette expression de i_m montre que l'image rétinienne i_m n'est pas, pour toute valeur de δ, égale à celle de l'œil emmétrope. Mais il est facile de trouver quelle est la distance à laquelle il faut placer la lentille de l'œil pour que cette égalité d'images se produise. En effet, pour que $i_m = i_e$, il suffit que

$$\frac{n(eN + 1)}{(eN + n)\,(1 + N\delta)} = 1,$$

ou

$$1 + N\delta = \frac{n(eN + 1)}{eN + n},$$

d'où

$$\delta = \frac{eNn + n - eN - n}{N(eN + n)} = \frac{e\,(n - 1)}{eN + n}.$$

Or, cette valeur est celle du rayon r de l'œil myope considéré. Donc, pour que les images rétiniennes soient égales, dans la myopie de courbure, à celles de l'œil emmétrope, il faut placer le verre correcteur *en contact avec la cornée.*

Il est évident que dans tout autre cas i_m est différent de i_e. On peut voir, en effet, par l'examen de la figure, qu'à mesure que δ augmente, le point K′ se rapproche de la cornée, ce qui entraîne le rapprochement du point I vers l'axe et, par suite, la diminution de i_m.

2e Cas. — *Œil hypermétrope.* — C'est une diminution de courbure de la cornée, ou, ce qui est la même chose, une

augmentation du rayon du dioptre cornéen qui produit ce genre d'hypermétropie. La longueur de l'œil reste la même que pour l'œil emmétrope.

Plaçons devant cet œil, à une distance OK $= \delta$, un verre convergent capable de corriger l'hypermétropie. Le même objet AB que précédemment est situé à une distance d de l'œil.

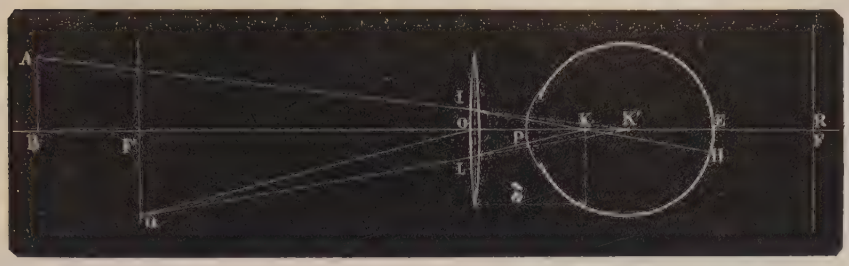


Fig. 7.

L'image rétinienne de AB s'obtient, comme pour le cas de l'œil myope, en cherchant le foyer conjugué de K par rapport à la lentille convergente.

Ce point K′ obtenu, on joint AK′ qui coupe la lentille en I; la droite IK détermine sur la rétine l'image EH de AB.

Les triangles EKH et IOK donnent la relation

$$\frac{EH}{KE} = \frac{IO}{OK'},$$

ou

$$\frac{i_h}{e - r} = \frac{IO}{\delta},$$

d'où

$$i_h = \frac{IO \times (e - r)}{\delta}.$$

Nous allons évaluer IO et r.

Dans les triangles dont le sommet est en K′, c'est-à-dire K′IO et K′AB, on a

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{o}{d},$$

ou, en se reportant au cas de l'œil emmétrope,

$$\frac{IO}{OK'} = \frac{i_e}{\varphi}.$$

La formule des lentilles convergentes minces, dans le cas où le point lumineux est situé entre son foyer et son centre optique, donne

$$\frac{1}{OK} - \frac{1}{OK'} = \frac{1}{OF'}.$$

Puisque F′ coïncide avec le remotum virtuel de l'œil considéré, on peut écrire $\frac{1}{OF'} = N$. La formule devient

$$\frac{1}{\delta} - \frac{1}{OK'} = N,$$

d'où

$$OK' = \frac{\delta}{1 - N\delta}.$$

En remplaçant, on a

$$IO = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\delta}{(1 - N\delta)}.$$

Il reste maintenant à trouver la valeur de r.

Le point R étant le foyer conjugué de la rétine E de l'œil hypermétrope, on peut utiliser la formule des dioptres, qui est dans ce cas

$$\frac{1}{-p} + \frac{n}{p'} = \frac{n-1}{r}.$$

Si on remarque que $\frac{1}{p}$ est le degré N de l'hypermétropie, p' la longueur e de l'axe antéro-postérieur de l'œil, il vient

$$-N + \frac{n}{e} = \frac{n-1}{r},$$

ou

$$r(n - eN) = e(n - 1),$$

d'où

$$r = \frac{e(n-1)}{n - eN}.$$

La valeur de KE ou $e - r$ est, par suite,

$$e - r = \frac{e(1 - eN)}{n - eN}.$$

En substituant à IO et à $(e - r)$ leurs valeurs, on a

$$i_h = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\delta . e(1 - eN)}{(1 - N\delta)(n - eN).\delta} = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{e(1 - eN)}{(n - eN)(1 - N\delta)}.$$

Le rapport $\frac{e}{\varphi}$ est celui des distances focales de l'œil réduit; il est égal à l'indice n. On a par suite

$$i_m = \frac{i_e . n . (1 - eN)}{(n - eN)(1 - N\delta)}.$$

Pour savoir à quelle distance de l'œil il faut placer le verre correcteur pour que l'égalité entre i_m et i_e existe, il suffit qu'on ait

$$n(1 - eN) = (n - eN)(1 - N\delta),$$

d'où

$$1 - N\delta = \frac{n(1 - eN)}{n - eN},$$

$$N\delta = 1 - \frac{n(1 - eN)}{n - eN} = \frac{n - eN - n + eNn}{n - eN},$$

et

$$\delta = \frac{eN(n - 1)}{N(n - eN)} = \frac{e(n - 1)}{n - eN},$$

ce qui est précisément la valeur du rayon r de l'œil hypermétrope. Donc, pour que l'image $i_m = i_e$, il faut appliquer le verre correcteur sur la cornée de l'œil.

Lorsque la lentille s'éloigne de l'œil, on voit que le point K' se rapproche de la rétine, ce qui entraîne un éloignement du point I de l'axe, et par suite une augmentation de l'image rétinienne.

Donc, dans les amétropies de courbure, les images rétiniennes des objets sont égales à celles formées, dans les mêmes conditions, dans l'œil emmétrope, mais *seulement lorsque le verre correcteur touche la cornée.*

On doit tenir compte de ces considérations lorsqu'on veut obtenir une mesure exacte de l'acuité visuelle des yeux amétropes de courbure. Si le verre correcteur n'est pas placé tout

près de la cornée, une ligne de l'échelle d'acuité, par exemple celle qui correspond à l'acuité $\frac{2}{3}$, ne correspond plus à cette valeur, puisque la grandeur des images rétiniennes produites par ces caractères dans de tels yeux n'est pas rendue égale à celle de ces mêmes caractères dans l'œil emmétrope. — Il en résulte toujours une erreur pouvant avoir une assez grande importance.

3° *Amétropies d'indice.*

Il existe une autre catégorie d'amétropies sphériques, celles causées par une augmentation ou une diminution de l'indice de réfraction des milieux de l'œil: ce sont les *amétropies d'indice.* On s'est peu occupé de ce genre d'amétropies. Nous devons cependant les prendre en considération, car elles peuvent se rencontrer.

1° *Myopie.* — La myopie est produite ici par une augmentation de l'indice de réfraction n' de l'œil. On produirait un tel œil si, dans l'œil réduit de Landolt, on remplaçait l'eau par un liquide d'indice plus grand. La longueur de l'axe, la courbure de la cornée sont les mêmes que dans l'emmétropie. Les foyers de cet œil sont seuls différents de ceux de l'emmétropie.

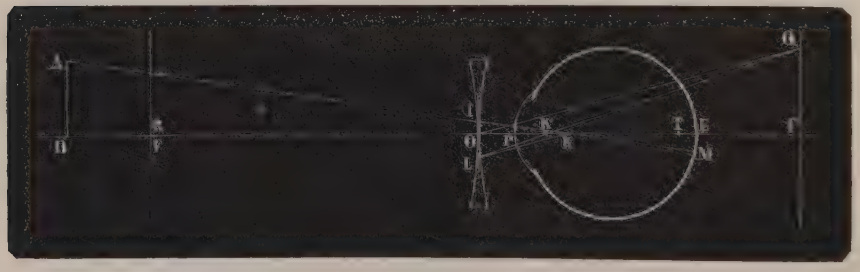


Fig. 8.

Appelons δ la distance à laquelle le verre correcteur est placé du centre K de cet œil, et cherchons à trouver la valeur de δ pour que l'image rétinienne $EM(=i_m)$ soit égale à celle de l'œil emmétrope.

En faisant le même raisonnement que dans le cas de la myopie de courbure, on trouve

$$i_m = \frac{IO \times EK}{\delta} = \frac{IO \times \varphi}{\delta}.$$

La valeur de IO est calculée comme précédemment,

$$IO = \frac{i_e}{\varphi} \cdot \frac{\delta}{1 + N\delta}.$$

On a, par suite,

$$i_m = \frac{i_e}{\varphi} \times \frac{\delta \times \varphi}{(1 + N\delta) \times \delta} = \frac{i_e}{1 + N\delta}.$$

Pour faire entrer l'indice de réfraction dans la valeur de i_m, nous allons exprimer N en fonction de cet indice n'. La formule des dioptres

$$\frac{1}{p} + \frac{n'}{p'} = \frac{n' - 1}{r}$$

donne dans le cas actuel

$$N + \frac{n'}{e} = \frac{n' - 1}{r},$$

d'où

$$N = \frac{n' - 1}{r} - \frac{n'}{e} = \frac{n'(e - r) - e}{e \times r}.$$

En remplaçant, dans la valeur de i_m, on a

$$i_m = \frac{i_e . e . r}{e . r + [n'(e - r) - e]\delta}.$$

Pour que $i_m = i_e$, il faut qu'on ait

$$e . r = e . r + [n'(e - r) - e] . \delta,$$

d'où on tire

$$\delta = \frac{\text{zéro}}{n'(e - r) - e} = \text{zéro}.$$

Donc, quelle que soit la valeur de la myopie d'indice, il faudrait, pour que l'égalité des images rétiniennes fût obtenue, placer le verre correcteur au centre optique de l'œil, ce qui est évidemment une impossibilité. Il en résulte que dans ce genre

de myopie, le verre correcteur ne produira jamais sur la rétine de l'œil des images égales à celles de l'œil emmétrope.

Dans le cas de l'hypermétropie d'indice, on arrive aussi au même résultat.

On ne peut donc pas assimiler, au point de vue qui nous occupe, les amétropies d'indice aux amétropies de courbure.

Lorsque le verre correcteur est appliqué sur la cornée, on peut chercher la valeur de i_m. On a

$$i_m = \frac{i_e . e \times r}{e \times r + [n'(e-r)-e]r} = \frac{i_e \times e}{e + n'\varphi - e} = \frac{i_e}{n'} \times \frac{e}{\varphi} = i_e \times \frac{n}{n'}.$$

Puisque n' est plus grand que n, l'image i_m sera plus petite que i_e. Dans l'hypermétropie, au contraire, n' est $< n$ et on a

$$i_h > i_e.$$

Vérifications expérimentales.

Les résultats auxquels ont conduit nos calculs ne sont pas des résultats théoriques; ils ont été confirmés par l'expérience. Landolt (1), à l'aide de son œil réduit, dont nous avons parlé plus haut, et sur les yeux d'un anisométrope, a obtenu une confirmation parfaite du calcul (il ne s'est occupé que du cas des amétropies axiles). Voici comment il a opéré avec l'œil vivant. Il a expérimenté sur un anisométrope dont l'œil droit était emmétrope, l'œil gauche hypermétrope axile. L'acuité visuelle était de $\frac{3}{2}$ à droite et de $\frac{5}{5}$ à gauche. Cet anisométrope pouvait donc, en provoquant une diplopie artificielle, comparer directement les images rétiniennes que recevait l'œil hypermétrope avec celles de son œil emmétrope.

Après une atropinisation prolongée, Landolt a constaté à gauche, en plaçant le verre convexe à 13 millimètres de la cornée de l'œil, ou $13 + 2 = 15$ de celle de l'œil réduit, une hypermétropie de $3^{a}36$.

L'objet témoin consistait en une feuille de papier de 20 centimètres de largeur, divisée en bandes verticales alternative-

(1) De Wecker et Landolt, t. I, p. 501.

ment blanches et noires, ayant chacune 1 centimètre d'épaisseur. Cet objet se trouvait à 5 mètres. En plaçant devant l'œil droit un prisme à sommet dirigé en haut, il produisait une diplopie verticale, et l'anisométrope pouvait ainsi déterminer de combien de divisions l'image d'un œil dépassait celle de l'autre.

En corrigeant l'hypermétropie à l'aide du verre convexe 3,3 à 13 millimètres en avant de la cornée, la grandeur de l'objet était exactement la même pour chaque œil. Ce qui coïncide parfaitement avec le résultat du calcul.

Nous avons aussi cherché à vérifier les résultats théoriques dans le cas des amétropies de courbure, et en particulier dans le cas de la myopie de courbure.

Pour être bien sûr d'avoir un œil myope par augmentation de la courbure cornéenne, nous nous sommes adressé à un sujet astigmate : ce qui paraît *a priori* paradoxal.

Nous avons pris un sujet atteint d'astigmatisme cornéen simple myopique et conforme à la règle. Son méridien horizontal était emmétrope, et son méridien vertical myope. Puisqu'un des méridiens est emmétrope, la longueur de l'œil est évidemment la même que celle d'un œil emmétrope non astigmate; la myopie correspondant à l'autre méridien est ainsi forcément une myopie de courbure. Le degré de myopie dans ce méridien vertical, déterminé par la kératoscopie et confirmé par l'astigmomètre de Javal, était de $4^{d}5$.

Avec un tel sujet on peut avoir un des yeux emmétropes, et l'autre myope si on n'utilise que les rayons tombant, sur l'un des yeux, dans un plan horizontal et, sur l'autre, dans un plan vertical. Pour cela, nous avons pris deux fentes de $0^{mm}7$, qui ont été placées l'une horizontalement devant l'œil droit, l'autre verticalement devant l'œil gauche.

De cette façon le sujet était ramené au cas de Landolt, c'est-à-dire qu'il était rendu anisométrope : nous avions disposé des bandes verticales noires de 8 millimètres, séparées par des intervalles blancs égaux.

A l'aide d'un prisme, le sujet, qui était un étudiant en médecine, pouvait produire une diplopie verticale et amener l'image d'un œil au-dessus de l'image de l'autre.

En plaçant devant l'œil gauche un verre négatif de 4^d5, de façon que sa distance à la cornée soit aussi faible que possible (1/2 millimètre environ), le sujet vit deux images en prolongement l'une de l'autre se superposant exactement.

Nous avons refait la même expérience en éloignant le verre correcteur à la distance habituelle, 13 millimètres, de la cornée. Le sujet accusa nettement une inégalité entre les images des deux yeux, la plus petite étant celle qui correspondait au côté gauche. — On ne saurait vraiment demander une preuve meilleure de la correspondance qui existe entre le calcul et la réalité.

V

Échelles optométriques.

Les objets qui servent habituellement à mesurer l'acuité visuelle constituent ce que nous avons appelé échelles optométriques, échelles d'acuité, optotypes, test-types, etc. Un des auteurs les plus compétents dans cette question, Snellen, dit qu'en pratique la détermination de l'acuité nécessite l'emploi de figures faciles à décrire et à nommer. Les figures tant soit peu compliquées présentent un avantage sur les groupes de points, en ce sens qu'elles sont moins sujettes que ces dernières à l'influence de l'éclairage. Outre cela, la manière dont le sujet examiné confond ces figures avec des figures analogues nous donne des indications sur le degré de la défectuosité de son acuité visuelle, ce qui n'est pas le cas lorsqu'il s'agit de distinguer deux points comme séparés. Les lettres sont des objets très convenables, attendu qu'avec les différences qu'elles comportent, elles présentent néanmoins une harmonie suffisante quant à la forme et à la netteté. Il est désirable d'adopter comme objets témoins une forme de lettres déterminée.

« Nous ne pouvons nous ranger, dit Snellen [1], à l'opinion » de ceux qui veulent qu'on prenne, pour base de comparaison » des différents objets témoins, la distance moyenne à laquelle » les yeux normaux peuvent les reconnaître, attendu que telle » valeur moyenne ne saurait être déterminée avec une exac- » titude mathématique. Il semble au contraire désirable » d'adopter l'angle visuel conventionnel pour base dans l'ex- » pression de l'acuité visuelle. »

---

[1] De Wecker et Landolt, *Traité d'ophtalmologie*, p. 476.

Les premiers objets-témoins semblent avoir été imaginés par A. Smée en 1854. La même année Ed. Jaeger, de Vienne, publia des échelles d'acuité sous le nom de *Schrift-Scalen*. Elles se distinguent par le grand nombre de lettres de différentes grandeurs, par la finesse de l'exécution et l'harmonie de forme des caractères des différents numéros. Les grands caractères (n^{os} 19 à 24) en lettres latines font seuls exception. Ici les intervalles qui séparent les traits des lettres les uns des autres sont relativement plus étroits que dans les petits numéros. Il y a dans ces échelles encore une lacune: Jaeger n'y a pas indiqué à quelle distance elles apparaissent sous un angle donné.

En 1862, Snellen, à Utrecht, publia une édition d'échelles d'acuité, et Giraud-Teulon, à Paris, présenta au Congrès d'ophtalmologie un modèle d'*échelles régulièrement progressives*. Ces deux auteurs prirent comme point de départ de leurs échelles le principe de Hooke et Porterfield: ils choisirent comme unité d'acuité celle d'un œil capable de distinguer nettement sous un angle de 5′ des caractères d'imprimerie dont l'épaisseur des traits était le cinquième de la hauteur: ce qui correspond bien à l'angle appelé par Hooke le *minimum visibile*.

Cet angle de 5′ représente, d'après Snellen et Giraud-Teulon, l'acuité visuelle moyenne. Nous verrons bientôt que cet angle de 5′ ne représente point l'acuité moyenne lorsqu'on a soin de bien éclairer l'échelle optométrique.

L'*échelle de Snellen* est formée de grosses lettres latines, carrées, dont les lignes et les interlignes ont, autant que possible, le cinquième de leur hauteur. Pour la détermination de l'acuité visuelle à distance, on se sert d'un tableau de lettres de huit grandeurs différentes, et les numéros de ces grandeurs donnent la distance à laquelle chaque série de caractères apparaît sous un angle de 5′.

La grandeur des plus petits caractères que présentent ces échelles porte le n° 6 et est telle qu'à six mètres leur diamètre

apparent est de 5'. Les caractères des lignes précédentes sont plus grands; la valeur de l'acuité qui correspond à chaque ligne est calculée d'après la formule

$$V = \frac{1}{0},$$

0 étant la hauteur des caractères de la ligne considérée, en prenant pour unité celle des caractères qui correspondent à une acuité égale à 1. Cela veut dire, par exemple, que pour la ligne dont les caractères ont une hauteur égale à $\frac{3}{2}$ de la hauteur des caractères de la ligne qui donne l'acuité 1, l'acuité correspondante est de

$$\frac{1}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3}, \quad \text{etc.}$$

Dans la cinquième édition des échelles typographiques qui a paru sous le titre de *Optotypi ad visum determinandum,* les distances sont indiquées en mesures métriques. Pour obtenir des chiffres facilement divisibles, la grandeur des lettres et des figures diffère un peu de celle des éditions précédentes, de sorte que le tableau contient les numéros suivants : 60, 36, 24, 18, 12, 9, 6. Ces objets témoins sont placés de préférence à une distance de six mètres, et l'acuité visuelle normale moyenne devient donc $= \frac{6}{6}$ (1).

Dans le cas où les personnes sont illettrées, Snellen se sert de simples figures carrées, les caractères d'imprimerie n'étant pas des objets faciles à décrire.

Les enfants ou les personnes qui ont de la peine à exprimer leurs impressions n'ont ainsi qu'à indiquer le côté où la figure est ouverte.

Les figures de ce genre sont, sous le rapport de la netteté, identiques aux lettres si les interlignes représentent toujours

(1) Dans certains modèles, le numéro qui devrait être marqué 9 porte le nombre 8; si on mesure la hauteur de ces caractères et qu'on cherche à quelle distance ils doivent être vus sous 5', on trouve 7 m. 66 !

le cinquième de la hauteur de la figure.

Dans la 3e édition de ses échelles typographiques, les interlignes ont, au contraire, les $\frac{3}{5}$ de la hauteur; aussi est-il plus aisé de les reconnaître que les lettres; mais il est vrai que leur plus grande netteté peut suppléer au défaut d'intelligence des malades.

En Allemagne, il arrive assez fréquemment que les lettres latines ne sont pas lues par tout le monde, mais seulement les lettres gothiques. Aussi les éditions allemandes contiennent-elles un tableau composé de lettres gothiques. Les lettres gothiques compliquées sont relativement moins nettes que les lettres latines simples. On doit donc, ainsi que le recommande Snellen, pour les recherches comparatives, se servir toujours du même tableau, et indiquer dans les déterminations exactes le genre de lettres avec lesquelles elles ont été faites.

Dans l'édition anglaise des test-types de Snellen, on trouve un tableau avec des points ronds dont le diamètre est égal à leur distance réciproque. Ils y ont été placés pour les conseils de revision de l'armée anglaise, où la mesure de l'acuité visuelle consiste à reconnaître les points ronds sous un angle inférieur à 6′. Ce sont les échelles de Snellen qui sont le plus souvent employées dans la pratique.

L'*échelle de Giraud-Teulon* repose absolument sur le principe du minimum separabile : les optotypes ont été choisis dans les modèles minuscules de la typographie courante, offrant des pleins séparés par des clairs de même dimension qu'eux-mêmes et offrant, en outre, les mêmes intervalles entre les lettres d'un même mot.

Les lettres courtes composant la majorité dans les mots adoptés dans cette échelle sont coupées par des lettres longues, c'est-à-dire que les lettres *m, n, u,* au lieu de se suivre comme dans le mot *minimum,* sont séparées par des lettres plus grandes destinées, dit-il, à rompre l'uniformité.

Les optotypes de Giraud-Teulon sont des multiples exacts les uns des autres, obtenus par l'amplification photographique,

d'où le nom de régulièrement progressive donné à l'échelle. Ils sont au nombre de douze et sont pris dans la série naturelle des nombres de façon à répondre à tous les besoins de la pratique tout en évitant la superfluité ou l'encombrement.

Le numéro 1 fournit l'unité objective dans des traits pleins de $0^{mm}3$, corde ou tangente de l'arc de 1′ à 1 mètre. (Voir le tableau p. 142, G.-Teulon, *La Vision*.)

On peut faire certaines observations sur ces échelles (1) : Giraud-Teulon a trop voulu ne pas s'écarter du principe de son minimum separabile. Il ne s'occupe que de l'épaisseur des traits et de leur intervalle. Les hauteurs des caractères des différents numéros ne sont en rapport constant ni entre elles ni avec l'épaisseur des lignes, si bien, comme le dit Snellen, qu'elles portent à tort le titre d'échelle régulièrement progressive. L'échelle de Giraud-Teulon est à peu près délaissée aujourd'hui.

En 1870, Burchardt, de Cassel, imagina une *échelle internationale* pour la mesure de l'acuité visuelle et de la portée de la vision.

Burchardt, en communiquant sa nouvelle échelle, fit le procès aux échelles de Snellen et de Giraud-Teulon, qui ne peuvent être utilisées que pour les personnes lettrées et qu'on est obligé de reproduire dans un grand nombre de langues en raison de la diversité des idiomes.

---

(1) Ce sont des mots entiers qui constituent chaque série d'optotypes, ce qui est un premier inconvénient, car, par l'habitude qu'on a acquise par la lecture, tout le monde arrive, en voyant seulement l'aspect du mot, à le deviner sans analyser les syllabes qui le forment. Les lettres longues, plus faciles à distinguer que les autres, et que G.-Teulon a employées avec intention, ne servent qu'à faire deviner encore plus facilement les mots de chaque ligne. « La majeure partie des lettres saillantes est placée à la partie supérieure de la ligne et, de plus, 24 lettres sur 25 peuvent être reconnues rien qu'à la conformation de la partie supérieure, tandis que 11 seulement jouissent de cette propriété quant à la partie inférieure. Il en résulte qu'une ligne de typographie ordinaire peut être lue presque aussi facilement et aussi vite en couvrant les 2/3 inférieurs qu'en la laissant découverte tout entière. » (Armaignac, *Revue cliniq. d'oculistique du Sud-Ouest*, nov. 1880.)

Il nous semble, d'après cela, que les mots doivent être rejetés d'une échelle d'acuité.

De plus, Burchardt fait remarquer qu'il est très difficile d'obtenir des échelles typographiques dont les dimensions soient celles qui sont prescrites par chaque auteur. Celles de Snellen, pas plus que celles de Jaeger, ne sont exemptes de cette imperfection. Nous sommes de cet avis, et nous verrons que ces critiques sont exactes.

Tout cela décida Burchardt, en 1867, à composer, à l'aide de groupes de points noirs, des épreuves exemptes de ces imperfections : il s'est servi de la photographie. Une série de points de $0^{mm}1$ séparés de $0^{mm}1$, vus à 60 centimètres, apparaissent comme une ligne égale et unie; à 20 centimètres, la ligne paraît tortueuse; à 16 centimètres, on peut compter les points : alors seulement l'œil a la faculté de distinguer nettement chaque point de son voisin. Cette faculté, Burchardt l'appelle le *criterium* de la vision.

La mesure de l'acuité est donnée, dans ces épreuves, par le rapport existant entre les distances des objets à l'œil et l'intervalle qui les sépare les uns des autres, ou bien encore par l'angle sous lequel cet intervalle devient appréciable à la vue. Le rapport déterminé par Burchardt est de 1/1000, et l'angle est de 2'15. Burchardt conclut qu'il convient de fixer un angle de 2'15 comme équivalent de l'acuité visuelle normale. Ce résultat est très différent de celui de Snellen et Giraud-Teulon, puisqu'il correspond à un angle presque moitié moindre!

Burchardt a cherché des échelles qui offrissent les conditions désirables pour que la détermination de l'acuité fût possible sans le secours de lunettes, qui donnent aux myopes une acuité plus petite qu'elle ne l'est en réalité. Mais il lui a été matériellement impossible d'exécuter des épreuves d'une finesse telle que la mensuration de l'acuité pût toujours se faire sans l'aide de lunettes chez les myopes dont le punctum remotum est en deçà de 16 centimètres. Ce point est important, car il montre que seul l'optomètre est capable de faire la mesure de l'acuité vraie d'un œil.

Les échelles de Burchardt, qui, d'après l'auteur, semblent idéales, ont cependant des inconvénients signalés par Fürst, de Memel (1). Ces épreuves ne permettent pas de se passer de verres pour la détermination de l'acuité visuelle chez les hypermétropes, les astigmates et les myopes supérieurs à 1/16. Pour la simulation de la myopie, elles ne permettent de la reconnaître qu'en faisant en même temps usage de l'atropine. La plupart du temps l'usage des échelles ordinaires sera préférable.

D'autre part, Seggel (2) trouve que l'échelle de Snellen a des avantages sérieux sur celle de Burchardt.

M. Steiger, de Genève (3), dit que le dénombrement des points dans les échelles de Burchardt est parfois très compliqué, surtout pour des individus peu intelligents; il prend beaucoup de temps; enfin, certains groupements sont plus faciles à déchiffrer que d'autres.

Les épreuves de Burchardt sont encore critiquées par M. Guillery (4), qui prétend que les points, quoique augmentés proportionnellement aux distances, donnent des résultats inexacts, parce qu'en même temps Burchardt augmente l'écartement : les résultats sont trop favorables aux gros numéros.

Échelle du prof. Monoyer. — Une échelle qui mérite une place importante dans la classification des échelles optométriques est celle du professeur Monoyer. Elle a été présentée à l'Académie des sciences en 1875 (5).

C'est une échelle décimale d'acuité. Elle comprend 10 numéros ou échelons. Les dimensions des caractères qui composent les divers numéros de cette échelle ont été calculés de manière que l'ensemble des 10 numéros représente la série complète des dixièmes d'acuité visuelle de 1 à 10 ou de 0,1 à 1.

---

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXVI, 1871, p. 36.
(2) *Ann. d'ocul.*, t. XCIV, 1885, p. 157.
(3) *Arch. ophtal.*, t. XII, p. 778.
(4) *Rev. gén. d'ophtal.*, p. 504, 1891.
(5) *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 1137.

Chacun des numéros correspond à un nombre exact de dixièmes de l'acuité normale prise pour unité : ce nombre étant donné par le rang que le numéro occupe dans l'échelle, l'intervalle entre deux numéros consécutifs est donc constant et égal à $\frac{1}{10}$ de l'acuité normale : il n'y a point de lacune, tandis que dans les autres échelles l'intervalle est variable.

L'échelle de Monoyer fait aussi connaître sans aucune manœuvre ni calcul auxiliaire l'acuité visuelle avec une approximation constante de $\frac{1}{10}$; en même temps la fraction décimale remplace la fraction ordinaire. On voit que le principe qui a servi de base à la construction de cette échelle consiste uniquement dans l'application du système décimal à la mesure de l'acuité visuelle; ainsi se trouve justifiée la qualification de *décimale* que Monoyer a donnée à son échelle. Elle est construite pour la distance de 5 mètres.

Monoyer a adopté, à l'exemple de Green, auteur d'une échelle typographique dont nous allons parler, les caractères antiques. L'auteur trouve que ce genre de lettres majuscules se prête mieux que les égyptiennes aux exigences multiples et souvent opposées de l'esthétique, de l'uniformité des rapports géométriques, d'une égale facilité à être reconnues. Quoique ces lettres soient formées de traits d'égale épaisseur dans toutes leurs parties, nous dirons plus loin ce que nous y trouvons de défectueux.

Il est à remarquer dans cette échelle que les plus gros caractères, au lieu d'être en haut comme dans les autres, se trouvent à la partie inférieure, les plus petits étant les premiers à partir du haut. Il nous semble que la disposition adoptée par Snellen est préférable, car il est plus commode de faire commencer la lecture des caractères par le haut plutôt que par le bas.

M. de Wecker a fait éditer des *échelles métriques*, en 1877, reliées en un petit volume que Snellen appelle un recueil d'échelles optométriques. M. de Wecker ajoute [1] : « C'est avec

---

[1] De Wecker et Landolt, t. I, p. 479.

raison que M. Snellen désigne la collection de mes échelles métriques sous le nom de *Recueil* et qu'il fait ressortir que l'éditeur, l'imprimeur et même le relieur sont appelés à jouer le rôle le plus important. »

Cette édition, arrangée d'après le principe de Snellen et Giraud-Teulon, contient les numéros 50, 40, 30, 20, 15, 10, 7,5, 5, 2,5; on y trouve une table de lignes parallèles, des séries d'épreuves pour la lecture, des carrés ouverts d'un côté pour les personnes illettrées, etc.

L'*échelle* que *Maurel* a fait construire (1) pour déterminer l'acuité visuelle sous le rapport de l'aptitude professionnelle des soldats et des marins repose sur l'emploi de la première méthode de mesure de l'acuité, c'est-à-dire sur la constance de l'objet et la variation de la distance de l'œil à l'objet. Elle est formée de lettres dont les traits ont 3 millimètres et dont la hauteur est quatre fois plus grande, soit 12 millimètres. Elle porte cinq lignes sur fond de couleur variable : noir, blanc, bleu, rouge, jaune. On fait varier la distance à partir de 15 mètres jusqu'à ce que le sujet examiné puisse épeler toutes les lettres d'une ligne.

D'après un grand nombre de mesures, Maurel trouve que l'image rétinienne correspondant à l'acuité normale est de 0,004, qui donne un angle de 50″ au lieu de 1′, comme l'ont adopté Snellen et G.-Teulon. Ce à quoi G.-Teulon répond qu'il n'admet pas la réduction à 50″, parce que les lettres majuscules de M. Maurel sont espacées largement; d'après lui, cette disposition n'est pas sans vicier notablement les résultats : nous verrons qu'il n'en est rien. Cependant Giraud-Teulon reconnut qu'il était bon de diminuer l'étendue de l'arc rétinien, évalué d'abord par lui à 0,005, en conséquence de la distance du deuxième point nodal à la rétine, qui, au lieu de 17 millimètres, doit être prise égale à 15 millimètres.

En 1888, Parinaud (2) a construit aussi une échelle d'a-

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXXXI, p. 100.

(2) *Bull. de la Soc. fr. d'ophtal.*, 1888, p. 237.

suite dans laquelle l'acuité de Snellen est conservée. Il a adopté l'angle de 1', trouvant que celui de 5' n'était pas applicable aux anormaux. Malgré cela, il obtient des résultats assez concordants avec ceux donnés par l'échelle de Snellen. — Pour l'exploration à petite distance, Parinaud a prolongé l'échelle de Snellen jusqu'à 25 centimètres.

Un peu plus tard (1896) Landolt a publié une échelle d'optotypes (5) placés sur un tableau en porcelaine ce qui assure l'inaltérabilité du blanc de fond et du noir des types. Cette échelle comprend trois groupes renfermant chacun neuf lettres et un chiffre. Ces lettres sont destinées à supprimer la présence de l'examen à plusieurs, les plus grands des types correspondant, au dixième de l'acuité normale ; les suivants s'élèvent de dixième en dixième jusqu'à 1, comme dans l'échelle de Monoyer. — Landolt a eu la bonne idée d'ajouter des caractères permettant de mesurer des acuités supérieures à l'acuité requise maximale : il y a trois lignes répondant aux acuités 1,25, 1,50 et 2. — A cause du peu de types, trois par ligne, on perd moins de temps qu'avec les échelles ordinaires.

Le même auteur (6) a imaginé des optotypes destinés à mesurer l'acuité au-dessous de $\frac{1}{5}$ et à remplacer la méthode trop primitive de faire compter les doigts. Ils sont basés sur le principe de Snellen et Green-Treitel, d'après lequel l'acuité est normale si l'œil distingue comme séparés deux points sous un angle de 1'. Les optotypes de Landolt sont formés par un $\square$ et par un $\square$; l'intervalle entre les crochets du $\square$ apparaissant sous l'angle de 1' à 50 mètres, c'est bien que l'œil se rapproche à 5 mètres pour distinguer le $\square$ de l'$\square$, son acuité visuelle n'est plus que $\frac{1}{10} = \frac{1}{2}$; à 4 mètres, elle est $\frac{1}{8} = 0{,}125$; à 3 mètres, elle est 0,06, etc.

Appareil de Carl. — Carl, de Francfort-sur-le-Main (7), a

(1) Ann. d'oculist., t. X, p. 300.
(2) Arch. d'ophtal., t. IX, p. 681.
(3) Rev. gén. d'ophtal. 1888, p. 433.

Les variations du rapport dans le but de déterminer l'unité
pour représenter ce rapport dans le tableau ci-dessus.

Un autre fait qui avait été constaté par Bradley ou un peu plus
anciennement par Hooke, c'est que la distance apparente d'une étoile
varie périodiquement d'une année à l'autre, et revient à la même
valeur après un intervalle de temps déterminé. Cet intervalle est
d'une année, c'est-à-dire qu'il est le temps que la terre emploie à
parcourir son orbite autour du soleil. Ce phénomène, qui a reçu le
nom d'aberration, a été expliqué par Bradley de la manière suivante.

Pour bien comprendre la détermination de l'unité, il faut jeter un
coup d'œil sur la théorie de l'aberration. Supposons une étoile
située dans le plan de l'écliptique, et dont la lumière arrive à la
terre suivant la direction AB. Si la terre était immobile, un
observateur placé en B verrait l'étoile dans la direction AB. Mais
la terre se meut dans son orbite, et, pendant le temps que la
lumière emploie à parcourir AB, elle a pris la position B'. Un
observateur placé en B' verra donc l'étoile dans la direction B'A'.
Il faudra donc, pour que la lumière puisse arriver à l'œil, que
l'axe de la lunette soit dirigé suivant B'A'. Or, l'angle A'B'A
est égal à l'angle B'AC, car ce sont des angles alternes-internes
formés par les parallèles AC et A'B'. Donc, pour que la lumière
puisse arriver à l'œil, il faut que la lunette soit dirigée suivant
B'C, et non suivant AB. Il faut donc que la lunette soit inclinée
d'un angle CB'A = B'AC sur la direction AB. Cet angle est
appelé l'aberration.

Il est facile de voir que la valeur de l'aberration dépend du rapport
de la vitesse de la terre à la vitesse de la lumière. Soit, en effet,
AB = 1 la distance parcourue par la lumière pendant un certain
temps, et AC = v la distance parcourue par la terre pendant le même
temps. Si l'on désigne par α l'angle CB'A, on a

$$\sin \alpha = \frac{AC}{AB} = v.$$

Le rapport v est donc le sinus de l'angle d'aberration. Comme
cet angle est très petit, on peut prendre pour mesure de l'angle
le sinus lui-même, et l'on a

$$\alpha = v.$$

Ainsi, la valeur de l'aberration est égale au rapport de la vitesse
de la terre à la vitesse de la lumière. Si l'on connaît l'aberration,
on connaît donc le rapport v, et, par conséquent, la vitesse de la
lumière, puisque celle de la terre est connue.

Les forces élastiques, dit l'auteur, de 0,75 à 1 environnement
sont représentées par des courbes pour des lettres plus ou
moins basses ou très prononcées latéral. La composition de
cycle de discours offre en tout et en sens une différence en
moins, sans laquelle apparaissent les lettres ; deux nombres
donnent également l'apparition des lettres. L'on ne se sert donc
pendant quelque chemin[illegible] de la lettre de première
classe dans l'ouverture supérieure en mélange. Toutes
celles-ci, suivant la classe, sont pour v = 0,1 et 0,2, les
neuf autres exemples par le nombre 1.

L'appareil répond à l'exigence de pouvoir passer à une forme
plus facile à celle immédiatement supérieure ou inférieure.
La disposition de l'appareil consiste essentiellement en ceci :
sous la classe [illegible] se trouvent deux autres coupes mobiles
autour de leurs centres ; l'une d'elles, supérieurement situé du
côté de l'intérieur, porte huit ouvertures disposées
en forme de spirale inverse et, en outre, les deux premières
lettres représentant v = 0,1 et 0,2

Derrière la classe est l'autre classe à lettres, avec les
mêmes de lettres disposées alternativement avec les consonnes
supérieures et inférieures qui sont de v = 0,3 à v = 1. La pre-
mière classe mobile ne se déplace, désormais avec une de ses
ouvertures une lettre de classe à lettre correspondant et les

séries successives des lettres plus petites ou plus grandes, selon le sens de la rotation, se découvrent par l'apparition d'une lettre unique alternativement dans les ouvertures supérieure et inférieure du disque fixe antérieur. Le mouvement du disque à lettres fait apparaître dans l'ouverture du diaphragme, maintenant fixe, les dix lettres qui représentent la même acuité visuelle; le mouvement de chacun de ces deux disques embrasse 180°.

Les disques sont mis en mouvement par des électro-aimants; la force électromotrice est fournie par deux éléments Leclanché.

La valeur de l'acuité visuelle est imprimée sous chaque lettre apparente, et le médecin arrive vite à reconnaître l'acuité qui correspond à chacune des lettres.

L'avantage que Carl trouve à son appareil, c'est l'économie de temps; en outre, le nombre des lettres dont on peut disposer est plus grand que sur la plupart des tableaux en usage.

Nous trouvons l'appareil ingénieusement conçu; il doit être d'un maniement commode; mais, vraiment, la mesure de l'acuité se trouve bien compliquée, quand, à l'aide des échelles ordinaires, elle se fait si bien. Cet appareil ne répondait, croyons-nous, à aucun *desideratum*. Ceux qui croient à la grande importance de l'observation du minimum separabile dans les échelles peuvent donner libre cours à leurs critiques, puisque, dans cet appareil, il n'apparaît qu'une lettre isolée chaque fois : on ne peut plus comparer la largeur de la lettre à l'intervalle de deux lettres. La mesure de l'acuité n'est cependant pas erronée par cet isolement des lettres.

Steiger (1), de Genève, recommande les échelles optométriques composées simplement de crochets ou carrés ouverts d'un côté, tels que les ont utilisés déjà Snellen et de Wecker. Il en déclare la lecture très facile; leurs dimensions reposent sur le principe de Snellen. Il se sert de deux tables : l'une

(1) *Arch. d'ophtal.*, t. XII, p. 778.

pour 5 mètres, l'autre pour 25 centimètres. Les séries, au nombre de vingt, sont toutes numérotées; elles portent en outre à gauche un chiffre indiquant la distance de déchiffrement pour un œil normal, à droite les fractions décimales indiquant l'acuité visuelle correspondant à chaque série, lorsqu'elle est déchiffrée à 5 mètres ou à 25 centimètres. Enfin, un tableau annexé à ces échelles permet de trouver rapidement la fraction d'acuité correspondant à un numéro donné pour une distance de déchiffrement différente de la normale. Mais Steiger fait précéder la description de son échelle des considérations suivantes :

1° La plupart des auteurs emploient des lettres pour la mesure de l'acuité à distance; des lettres, des chiffres et un texte continu pour l'examen de près. Or, les caractères typographiques sont, pour Steiger, incapables de donner une mesure exacte (?). Il rappelle l'influence considérable qu'exerce sur la lisibilité des épreuves typographiques la culture de l'examiné, surtout lorsqu'il s'agit de la lecture d'un texte continu ou même simplement de mots. Cette observation est très juste.

2° Tous les systèmes qui supposent la connaissance de la lecture exigent pour l'examen des illettrés des signes spéciaux, ce qui provoque un dualisme dans les résultats, qui en empêche la comparaison.

3° Aucune des échelles typographiques actuelles ne répond réellement au postulatum que chaque trait de chaque caractère doit apparaître sous un angle donné, à la distance prescrite pour chaque caractère. Cette critique est d'accord avec les recherches de Bellarminow.

4° Tous les systèmes proposés ont pour la détermination de V à distance d'autres lettres que pour la vision rapprochée : de là, il résulte que les mesures de loin et de près ne peuvent être comparées entre elles.

5° La plupart des échelles pour la distance finissent trop tôt en bas et ne permettent plus la détermination de très bonnes acuités à 5-6 mètres. Pour Steiger, les acuités supé-

rieures à 1 sont assez fréquentes, surtout chez les enfants (?).

6° Toutes les échelles pour l'examen de près ont toutes le même défaut, car, pour un remotum très rapproché, la détermination devient impossible, ou du moins entraîne de nombreuses erreurs. M. Steiger rappelle qu'un myope d'un degré élevé ne supporte pas aisément la correction totale ou approximative de sa myopie, qui seule pourrait nous permettre de connaître son acuité exacte. On est obligé de l'examiner à la distance de son remotum ou d'un remotum artificiellement produit par la neutralisation partielle de son amétropie. Or, dans ces conditions, on obtient une acuité visuelle trompeuse, surtout avec des échelles dont les plus fins numéros se lisent par un œil normal à 30 centimètres.

Si nous avons donné toutes ces remarques de M. Steiger, c'est que nous les trouvons généralement bien fondées, et nous partageons ses critiques.

Mais l'auteur qui a étudié par des recherches précises les différentes échelles d'acuité, c'est Bellarminow (1); par ses déterminations, il se distingue des autres auteurs critiques. Il semble avoir adopté la maxime : *Acta, non verba,* un peu oubliée par ceux-là. Bellarminow a examiné les principales échelles typographiques au point de vue de l'exactitude des traits et des hauteurs des lettres.

La détermination de la largeur des traits des objets-types a été faite par l'ophtalmomètre de Helmholtz.

Il a rencontré dans chaque échelle une différence de 5″ à 10″. Plusieurs des lettres de ces échelles ne sont pas vues sous l'angle de 60″. Cette différence a été de 11″, 18″, 20″ en plus ou en moins.

D'ailleurs, voici quelques-uns de ses résultats :

Échelle Snellen (en mètres): Sur 10 lettres examinées, il y en a 6 inexactes; la différence s'élève jusqu'à 12″.

---

(1) *Rev. gén. d'ophtal.,* 1886, p. 142.

Échelle Monoyer : Sur 16 lettres, 13 inexactes ; la différence est en moyenne de 8″ 5, mais les traits des lettres sont bien faits.

Échelle de Wecker : Sur 10 lettres, 5 inexactes ; différence, 10″.

Échelle Galezowski (fond noir) : Sur 10 lettres, 6 inexactes ; différence, 5″ 8.

Échelle russe d'Adamük (fond noir) : Sur 12 lettres, 7 inexactes ; la différence atteint 15″. De plus, les traits des lettres sont inégaux.

Cette différence entre l'angle sous lequel les traits ou les lettres devraient être vus et l'angle sous lequel ils sont vus réellement explique le fait souvent constaté, à savoir que les lettres d'une même ligne ne se voient pas également.

Bellarminow propose, avec raison, de ne se servir que des lettres *exactes* dans une échelle, les autres étant recouvertes d'un carré de papier. On comprend, sans que nous insistions davantage, de quelle importance sont ces déterminations, qui sont précises, étant donnée la sensibilité de l'ophtalmomètre de Helmholtz. Bellarminow adresse ses reproches surtout aux typographes.

La mesure de l'acuité visuelle a exercé la sagacité des ophtalmologistes, comme on vient de le voir, au point de vue de la construction des échelles dont nous venons de donner un aperçu.

Mais on a aussi discuté sur un autre point plus grave, puisqu'il est relatif à une modification à apporter dans l'expression de la valeur de l'acuité visuelle.

Vierordt (1), en 1863, a avancé que les acuités visuelles sont inversement proportionnelles aux carrés des images rétiniennes et non pas à leur simple diamètre. En sorte que pour exprimer la valeur de l'acuité, au lieu d'écrire $V = \frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$, on aurait $V = \frac{1}{9}$ ou $\frac{1}{16}$.

(1) *Arch. f. Ophtalm.*, t. IX, III, p. 219.

Une échelle basée sur ces vues de Vierordt fut construite en 1869 par J. Green (1).

Les différents numéros des caractères sont entre eux dans un rapport de grandeur déterminé et représentent ainsi une progression géométrique. Il propose pour *raison* de la progression $\sqrt[3]{0,5} = 0,795$.

Avec une échelle ainsi construite, il faut pratiquer toutes les déterminations d'acuité à une même distance.

Green a choisi les caractères antiques au lieu des caractères latins de Snellen ; c'est ce qu'a fait aussi le prof. Monoyer.

Il ne fait entrer dans son échelle, pour obtenir plus de ressemblance entre eux, que les caractères C D E F G H I J L O P Q T U. — Nous reviendrons sur cette question du choix des lettres.

Enfin, le prof. Javal, de Paris, a adopté les idées de Vierordt et de Green, dont il s'est fait un des plus brillants défenseurs.

Dans son *Essai sur la physiologie de la lecture* (2), Javal dit que l'acuité visuelle décroît en raison inverse du carré des dimensions linéaires des lettres qui sont perceptibles à une distance donnée, ou bien que l'acuité visuelle doit être mesurée proportionnellement à l'inverse des surfaces des lettres-objets et non pas au moyen des rapports de leurs dimensions linéaires.

L'argumentation de Javal est la suivante : Supposons que dans un certain œil les éléments sensibles soient, pour une surface donnée, quatre fois moins nombreux que dans l'œil normal ; il est *évident* que l'acuité visuelle de cet œil est le quart de la normale. Or, dans ce cas, une lettre du groupe II, qui est deux fois plus grande, mais dont la surface est quadruple, affectera précisément le même nombre d'éléments que dans l'œil normal.

Giraud-Teulon a beaucoup combattu cette manière de voir, et voici ce qu'il répond (3) : « Ce n'est pas à la perception dans

(1) *A new series of test-types.*
(2) *Ann. d'ocul.*, t. LXXX, p. 146.
(3) *Ann. d'ocul.*, t. LXXXI, p. 213.

son ensemble ni à la sensibilité élémentaire que se rapporte l'argumentation de Javal, mais exclusivement à la faculté de distinguer (isolatrice). Car quel que soit le nombre des éléments rétiniens, n'y en eût-il même qu'un seul, la sensibilité propre peut être la même. Aussi ce que le raisonnement de Javal contient d'*évident*, ce n'est pas que la sensibilité élémentaire ou d'ensemble même y soit le quart de la normale, c'est que l'angle du minimum separabile est le double de l'angle normal.

» Ce que Javal a raison de dire, c'est qu'à un angle double du minimum separabile correspondra une *surface de l'optotype* quadruple de celle de l'optotype n° 1. Il suit de là qu'au lieu d'énoncer que l'acuité visuelle en un tel cas est le quart de la normale, il fallait simplement dire que la *faculté de distinguer* les objets était la *moitié* de la normale. » Ce qui revient à dire que « pendant que l'acuité visuelle suit la progression inverse simple de la tangente de l'angle visuel minimum, à cet angle correspond, dans chaque cas, une surface ou un nombre d'éléments photoesthésiques qui croissent comme les carrés des dénominateurs de la dite série, laquelle devient alors

$$1,\ \frac{1}{4},\ \frac{1}{9},\ \frac{1}{16},\ \ldots,\ \frac{1}{100},\ \text{etc.},$$

au lieu de

$$1,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{3},\ \frac{1}{4},\ \ldots,\ \frac{1}{10},\ \text{etc.}$$

En sorte que si l'acuité visuelle classique a pour expression

$$V = \frac{d}{D},$$

la sensibilité élémentaire de la rétine S devra avoir pour mesure

$$S = \left(\frac{d}{D}\right)^2.$$

» Pendant que l'angle du minimum separabile suit une progression simple, linéaire, la sensibilité élémentaire suit, dans ses degrés, la série des carrés des termes de la précédente. En

d'autres termes, pour un effet égal produit sur le *sensorium*, à un angle double correspondent, soit, à sensibilité égale, un éclairement quatre fois plus petit, soit, à éclairage égal, une sensibilité élémentaire quatre fois plus faible. »

Quoi qu'il en soit, on doit, d'après Javal, mesurer l'acuité, non par la grandeur linéaire de la plus petite image ou du plus petit objet correspondant dont la forme est encore distinguée, mais par la surface occupée par cette image ou par l'objet qu'elle reproduit.

Meyer, dans la séance du 11 mai 1888 de la Société française d'ophtalmologie, répondit à M. Javal, qui regrettait que les degrés des échelles d'acuité ne soient pas établis suivant une progression géométrique, que « la critique des échelles actuelles que M. Javal venait de prononcer ne pouvait faire oublier qu'elles sont devenues depuis plus de vingt-cinq ans un moyen précieux, commode et universellement adopté de déterminer l'A. V. — Les échelles actuellement en usage pour la constatation clinique de l'acuité visuelle servent très utilement soit pour déterminer et noter les modifications de la vision survenues chez le même malade, soit pour nous faire comprendre dans nos publications ».

A propos de l'opportunité des échelles de Javal, le professeur Imbert s'exprime ainsi : « En résumé, donc, il nous paraît superflu de rien changer aux principes de la graduation des échelles d'acuité actuellement en usage, en leur faisant subir les modifications indiquées par Javal et Green. » Nous nous rallions complètement à cette opinion, d'autant plus qu'il ne faut pas oublier que la *base même de la recherche de l'acuité est dans la détermination d'un angle.*

Récemment, Guillery (1) a construit une échelle ressemblant à celle de Burchardt, mais basée sur les idées de Vierordt. Il est parti du principe suivant: un point qui, à 5 mètres, est reconnu sous un angle de 50″, a un diamètre de $1^{mm}212$; le

(1) *Rev. gén. d'ophtal.*, 1891, p. 504.

point suivant aura deux fois la surface de 1, le suivant trois fois, etc. La vision correspondante sera donc de 1, 1/2, 1/3, etc. Guillery a pris comme objet-type un point inscrit dans un carré, et le sujet doit en indiquer la place. M. Steiger dit que ces échelles pèchent par le principe : la perception du plus petit point noir sur fond blanc dépend beaucoup plus du *sens lumineux* que du sens des formes; de plus, Guillery a basé la construction de son échelle sur les idées de Vierordt qui paraissent encore discutables.

Moyens autres que les échelles optométriques utilisés pour déterminer l'acuité visuelle.

Un procédé simple a été préconisé par Lawson (1) pour arriver à trouver la valeur de l'acuité des jeunes enfants. On dépose dans un plateau des graines différentes mélangées : graines de chanvre, de canari, de millet, de colza, de lin et d'oiseau. On choisit une graine de chanvre et, après avoir couvert un œil, on invite l'enfant à choisir dans le plateau un grain semblable. Si l'enfant s'acquitte bien de sa tâche, on répète la même opération avec un grain plus petit, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive au grain d'oiseau qui correspond assez bien à la lettre I des test-types de Jaeger. — Ce procédé est assez ingénieux, mais nous nous demandons si l'auteur n'aurait pas pu mieux préciser ce qu'il appelle grain d'oiseau; en second lieu, il n'indique pas à quelle distance on fait placer l'œil à examiner. — De plus, pour une même espèce de grains, on sait que tous ne sont pas de la même grosseur. Toutes ces considérations font que le procédé est loin de donner des mesures exactes; il méritait cependant d'être signalé.

Pour déterminer l'acuité des troupes de l'armée, Beaumeister (2) a essayé plusieurs moyens simples : la reconnaissance des bandes de sous-officiers, ou bien la distinction d'un disque

(1) *Ann. d'ocul.*, 1881, t. LXXXV, p. 162.
(2) *Ann. d'ocul.*, t. LXXVII, p. 189.

de but d'après un modèle réduit; ces deux moyens ont été indiqués par Burchardt; Beaumeister trouve que la valeur de V dépend de l'éclairage, qui n'est pas proportionnel à la distance; il pourrait en dire autant de toute échelle. — Il a utilisé, comme étant le meilleur moyen, le projet de Schmidt, Rimpler et Peltzer, dans lequel l'acuité visuelle est déterminée dans les exercices de tir (?).

Le prof. Charpentier (1) a indiqué un moyen très commode pour apprécier l'acuité visuelle : il recommande l'usage de carrés alternativement blancs et noirs; les carrés de damier offrent le grand avantage de présenter un type uniforme à éléments également espacés et de pouvoir être employés par les gens qui ne savent pas lire. La distance à laquelle l'œil peut différencier ou compter les carrés donne la mesure de V. Par cet examen, toutefois, dit l'auteur, on n'obtient que l'acuité visuelle de la rétine d'un individu par rapport à celle d'un autre individu; on n'a donc qu'une valeur relative et non pas une valeur absolue.

Macé de Lépinay et W. Nicati (2) se servent, au lieu des caractères d'imprimerie, d'un signe de même forme générale, constitué par trois traits horizontaux, noirs sur fond blanchi à la céruse, de 5 millimètres de longueur, distants de 1 millimètre et larges d'autant. D'après les conventions faites, c'est-à-dire lorsque l'observateur voit l'intervalle de deux traits consécutifs sous l'angle de 1′, V = 1. Pour mesurer l'acuité d'un observateur placé à n mètres du signe employé, ils se servent de la formule

$$V = 0{,}29.n.$$

Nous devons encore indiquer comme moyen de mesurer l'acuité visuelle le procédé des optomètres, parmi lesquels l'optomètre de Badal mérite de tenir la première place.

Nous supposons cet appareil connu du lecteur : dans le cas

---

(1) *Arch.*, 1881, t. I, p. 633.
(2) *Journ. de phys.*, 1882, p. 33.

où l'on voudrait revoir sa théorie, nous renvoyons aux *Annales d'oculistique* (t. LXXV, p. 1 et 102). Si nous considérons un œil emmétrope dont le premier point nodal (ou le centre optique pour l'œil réduit) coïncide avec le foyer postérieur de la lentille de l'optomètre, un objet qui se déplace sur l'axe depuis la lentille jusqu'à l'infini a pour caractéristique de son image une droite passant par le foyer postérieur de la lentille et en même temps par le centre optique de l'œil. Quelle que soit donc la place de cet objet, l'angle sous lequel il est vu par l'œil, après réfraction à travers la lentille, reste constant ; cet angle est le même que si l'objet était immobile et placé dans le plan principal de la lentille.

Ce que nous venons de dire d'un objet quelconque se rapporte aux caractères de l'échelle d'acuité dont une réduction photographique se trouve devant la lentille.

On comprend aisément que la mesure de l'acuité puisse être faite avec l'optomètre de Badal, puisque, par la photographie, on peut donner aux caractères une hauteur telle qu'ils soient vus sous le même angle que si l'échelle était placée à 6 mètres ; de plus, le résultat de la mesure est le même, que l'œil emmétrope soit au repos ou qu'il accommode.

Tout se passant comme si l'échelle était dans le plan principal de la lentille, la distance est la même pour tous les yeux et égale à 63 millimètres : le rapport de la grandeur o' des lettres vues sous l'angle de 5′ à la grandeur o des lettres lues par l'œil examiné représente la mesure de l'acuité. C'est donc la seconde méthode (V. p. 29.)

$$V = \frac{o'}{o}.$$

Comme nous avons besoin de nous étendre beaucoup sur la mesure de l'acuité des amétropes par cet optomètre, nous renvoyons le lecteur à ce chapitre spécial.

L'échelle d'acuité de l'optomètre de Badal est une réduction photographique de celle de Snellen et d'une autre juxtaposée, faite avec des signes de cartes à jouer pour les illet-

trés. L'épreuve photographique est négative, c'est-à-dire que les caractères paraissent blancs et le fond noir.

A côté de cet optomètre, nous en signalerons plusieurs autres qui, en grande partie, sont des reproductions de celui-ci.

L'optomètre de de Graefe, qui est constitué par une lunette de Galilée, ne donne pas la mesure de l'acuité visuelle et ne doit pas nous retenir plus longtemps.

Celui de MM. Perrin et Mascart est aussi une lunette de Galilée, mais renversée. La valeur minima de l'image rétinienne répond à l'hypermétropie de $\frac{3}{12}$ ou 3^d et non à l'emmétropie, comme l'a écrit M. Perrin (1).

L'optomètre de Burchardt, publié en Allemagne à la même époque que celui de Badal en France, diffère peu de ce dernier. La lentille est de 20^d. Sa graduation est plus serrée, ce qui est une condition défavorable puisque chaque intervalle est de 0^m0025.

L'optomètre de Loiseau donne aussi la mesure de l'acuité au moyen d'une échelle de de Wecker réduite par la photographie.

Dans l'optomètre de M. Sous, de Bordeaux, la lentille est de 20^d. Il renferme aussi une réduction de l'échelle de de Wecker. C'est un optomètre Badal modifié. Le choix de l'oculaire, dit M. Loiseau, ne semble pas heureux : avec un verre aussi fort les divisions de la graduation sont trop rapprochées.

Les optomètres de Hintzy et de Carreras Arago sont des copies exactes de l'optomètre de Badal : même lentille ; l'échelle du dernier n'est pas celle de Snellen.

En 1891, Gullstrand (2) a fait construire un optomètre destiné à mesurer l'acuité visuelle ; il donne des images situées au même endroit et de la même grandeur que celles obtenues avec les verres correcteurs dans la méthode de Donders. On peut avec lui, comme d'ailleurs avec celui de Badal, mesurer

---

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXXXV, p. 1.
(2) *Rev. gén. d'ophtal.*, 1891, p. 299.

l'acuité en même temps que la réfraction, en employant les échelles typographiques ordinaires. D'après la description qu'en fait son auteur, nous ne voyons pas en quoi cet appareil diffère de celui de Badal.

Nous citerons encore l'optomètre de notre collègue de la Faculté de Paris, M. Mergier, qui permet de mesurer l'acuité (1). Au point de vue de cette seule détermination, il ne diffère pas de celui de Badal. La lentille étant de 20^d au lieu de 16^d, la réduction de l'échelle Snellen a été faite au $\frac{1}{100}$, puisque la distance est de 0^m05. Lorsque le foyer de la lentille coïncide avec le centre optique de l'œil emmétrope, celui-ci obtient sur sa rétine la même image que celle qu'il obtiendrait des mêmes caractères à 5 mètres.

Dans le chapitre relatif à la mesure de l'acuité chez les amétropes, nous reviendrons sur cet optomètre.

Échelles d'acuité de l'auteur.

Lorsqu'on place une échelle optométrique à un bon éclairement, et qu'en face de cette échelle on met un œil emmétrope ou rendu tel, dont la rétine est saine, on s'aperçoit qu'il lit sans peine les petits caractères à la distance indiquée (5 ou 6 mètres, suivant les modèles). Si on cherche, à l'éclairage du grand jour, la distance maxima à laquelle cet œil peut encore lire cette ligne d'objets-types, on trouve le plus souvent qu'elle est égale à 8 ou 10 mètres. Ce qui veut dire que l'acuité de cet œil est supérieure de beaucoup à l'acuité réputée moyenne.

Tous les ophtalmologistes ont remarqué ce fait, et notre maître, M. Badal, l'a signalé depuis longtemps.

Joy Jeffries (2), de Boston, croit que la vision nette du n° XL de Snellen à 20 pieds ne représente pas le critérium exact de V = 1. Lui-même déchiffre le caractère XV à cette même distance; il peut même distinguer des lettres dans le n° VIII.

(1) *Ann. d'ocul.*, 1892, t. CVIII, p. 351.
(2) *Ann. d'ocul.*, 1872, t. LXVII, p. 218.

Javal (1) dit que les jeunes sujets ont souvent une acuité plus grande que le n° 1 de l'échelle de Giraud-Teulon, et supérieure de une fois et demie à l'acuité 1 de Snellen; en sorte que l'unité d'acuité devrait être prise plus grande qu'on ne le fait généralement.

Le Dr Maurel, de même que le Dr Parinaud, trouvent que l'angle de 60″ est trop grand : l'un propose 50″ pour les traits, et l'autre 4′ au lieu de 5′ pour la hauteur des lettres. C'est aussi l'avis de M. Jackson.

M. Parinaud fait encore remarquer que le numéro D = 5 de Snellen peut être lu à 7 mètres avec un bon éclairage.

Pour M. Steiger (2), les acuités plus grandes que 1 sont assez fréquentes.

Landolt, s'étant aperçu aussi de la fréquence des acuités supérieures à l'unité choisie, a fait ajouter dans son échelle, que nous avons citée plus haut, trois lignes de caractères, permettant, à 5 mètres, de mesurer des acuités égales à 1,25, 1,5 et 2.

M. Armaignac, de Bordeaux (3), ayant remarqué que l'acuité moyenne est souvent supérieure à celle qui est prise pour unité, a fait ajouter à son tableau, dont la dernière ligne doit être lue à 5 mètres par une vue soi-disant normale, une ligne plus petite qui ne devrait être vue qu'à 4 mètres, mais qui est vue à 5 mètres par la plupart des personnes ayant une vision normale. Il ne considère la vision comme normale que lorsque $V = \frac{5}{4}$ et non pas $\frac{5}{5}$.

En Russie, M. Reich (4) a trouvé, en examinant la vue de 311 soldats, les valeurs suivantes :

$V < 1$ chez 5,7 0/0,
$V = 1$ 39,9 0/0,
$V > 1$ 55,3 0/0.

(1) *Ann. d'ocul.*, 1879, t. LXXX, p. 146.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Journ. de méd. de Bordeaux*, n° du 7 mai 1893, p. 219.
(4) *Ann. d'ocul.*, t. LXXVII, p. 266.

Sur 172 qui avaient une acuité supérieure à 1, il y en avait

70 0/0 chez lesquels $V = \frac{9}{6}$,

22,6 0/0 $V = 2$,

7,5 0/0 $V > 2$.

Ces résultats sont conformes à ceux que nous avons trouvés chez des sujets bien portants: ce qui prouve que les bonnes vues ne sont pas un privilège de la nation russe.

Nous allons même, après les déterminations nombreuses faites par nous, jusqu'à émettre l'avis que tout œil dont l'acuité n'est pas supérieure à l'unité adoptée est un œil qui a une mauvaise acuité, une vue médiocre.

Nous parlerons plus loin de la variation de l'acuité avec l'éclairement; mais nous pouvons dès maintenant signaler l'influence énorme de ce facteur sur la valeur de V.

Qu'on mesure l'acuité d'un œil dans un salon, dans une salle avec rideaux ou appartenant à une maison placée dans une rue étroite et obscure; qu'on la mesure ensuite au grand jour, dehors par exemple, et on verra que la valeur trouvée en second lieu a souvent doublé! Or, quand on veut savoir quelle est l'acuité d'un œil, on doit se placer, nous semble-t-il, dans les meilleures conditions possible: cette acuité est utilisée par les yeux surtout au grand jour, à la grande lumière, à celle qui dans la vie courante sert le plus souvent, et non pas dans un cabinet mal éclairé dans lequel l'œil dont on mesure l'acuité sera réputé avoir une vue moyenne, alors que sorti de cet appartement, dans la rue, il mettra en jeu une acuité supérieure à celle qui se trouve inscrite sur le registre de l'oculiste.

Pour expliquer les motifs qui ont déterminé Giraud-Teulon, Snellen, à prendre pour acuité moyenne celle qui correspond à un minimum separabile si grand, nous ne voyons que l'influence de l'éclairement; celui dont ils se sont servis était probablement très en-dessous de l'éclairage du grand jour. L'influence

du diamètre de la pupille correspondant à l'intensité lumineuse objective doit aussi entrer en ligne de compte.

En utilisant l'éclairement fourni par les rayons naturels qui n'ont pas traversé de corps plus ou moins translucides, nous avons trouvé toujours pour un œil physiologique la valeur de l'acuité supérieure à 1, quel que soit d'ailleurs l'âge du sujet.

C'est précisément pour pouvoir mesurer commodément les acuités supérieures à l'unité adoptée, que nous avons construit les échelles que nous allons décrire. — Nous l'avons dit déjà, on peut mesurer V par le rapport des distances, et effectivement nous l'avons souvent déterminée de cette façon. Mais il faut aller jusqu'à 8, 10, 12 mètres pour trouver la valeur limite exacte de V. Ce n'est pas très commode et pas toujours possible. — Il est plus simple et tout aussi exact de laisser la distance fixe et de faire varier la grandeur des objets-types (2e méthode). C'est ce que nous avons fait.

Nous avons construit deux échelles différentes : l'une est une échelle décimale (Monoyer), l'autre une échelle exprimant l'acuité en fractions ordinaires (Snellen).

Nous avons choisi, comme forme des lettres de ces deux échelles, les caractères latins de Snellen; nous les préférons aux caractères antiques de Green et de Monoyer, parce que leur forme un peu plus compliquée peut donner lieu à des confusions qui permettent de bien préciser le moment où le sujet ne peut plus distinguer nettement les caractères. De plus, elles fournissent, comme le dit Snellen, un point de repère pour le degré et le genre de défaut de l'acuité visuelle. C'est ainsi que dans l'astigmatisme régulier, les caractères compliqués sont la source d'erreurs tellement constantes que l'on peut conclure souvent à l'existence de l'astigmatisme pour cette simple raison.

Quant aux lettres elles-mêmes, nous n'avons pas, comme Green, laissé de côté tous les caractères plus difficilement reconnaissables : ils sont utiles parce qu'ils servent de transition pour les lettres de la série suivante.

1° *Échelle décimale*. — Elle comprend neuf lignes d'optotypes; l'épaisseur des traits de chaque lettre est exactement le cinquième de la hauteur. Les dimensions des caractères de chaque ligne ont été calculées de telle façon que l'œil, placé à 5 mètres de l'échelle, ait la même acuité que si, visant la ligne de Snellen qui à 5 mètres est vue sous l'angle de 5′, cet œil en était distant :

1re	ligne de	5m 50
2e	—	6 »
3e	—	6 50
4e	—	7 »
5e	—	7 50
6e	—	8 »
7e	—	9 »
8e	—	10 »
9e	—	12 »

Les dimensions des lettres de chaque ligne sont les suivantes :

	HAUTEUR.	LARGEUR DES TRAITS.
1re ligne...	6mm 81	..... 1mm 36
2e — ...	6 25	..... 1 25
3e — ...	5 75	..... 1 15
4e — ...	5 35	..... 1 07
5e — ...	5 »	..... 1 »
6e — ...	4 7	..... 0 94
7e — ...	4 17	..... 0 83
8e — ...	3 75	..... 0 75
9e — ...	3 12	..... 0 62

L'acuité visuelle correspondant à la distance fixe de 5 mètres est, pour chaque ligne :

1re	ligne	1,1
2e	—	1,2
3e	—	1,3
4e	—	1,4
5e	—	1,5
6e	—	1,6
7e	—	1,8
8e	—	2
9e	—	2,4

Chaque série de cette échelle comprend cinq lettres. Il est inutile qu'il y en ait un nombre plus grand : c'est l'avis de M. Badal.

Dans l'échelle de Landolt, il y a encore moins d'objets types : trois par ligne; l'examen n'y perd rien en précision, et il a l'avantage d'être rapide.

Voici les lettres qui composent notre échelle décimale :

						A 5 MÈTRES.
P	R	L	C	A	...	1,1
D	E	K	S	B	...	1,2
T	N	U	H	R	...	1,3
A	S	P	V	Z	...	1,4
L	C	N	Y	T	...	1,5
F	B	D	H	R	...	1,6
C	P	N	K	V	...	1,8
H	T	C	D	R	...	2
Z	N	R	H	C	...	2,4

2° *Échelle (type Snellen).* — C'est sur les conseils de M. Badal que nous avons fait construire cette échelle, de façon à n'être pas obligé, comme avec la première, de prendre une distance constante, mais, au contraire, à pouvoir placer l'œil à une distance quelconque. — Dans cette échelle, les dimensions ont été calculées de la même façon que dans les échelles ordinaires, c'est-à-dire en déterminant par le calcul la hauteur et la largeur des traits des lettres qui, sous l'angle de 5′, sont vues

1re	ligne à	5m »
2e	—	4 50
3e	—	4 »
4e	—	3 50
5e	—	3 »
6e	—	2 75
7e	—	2 50
8e	—	2 »

Cette échelle n'est donc que la continuation de celle de

Snellen, dans laquelle la dernière ligne est vue à 6 mètres sous l'angle de 5′ : la hauteur des lettres de cette ligne est de $8^{mm}5$. En partant de cette valeur et en désignant par x la hauteur des optotypes correspondant à la distance d, on a la proportion

$$\frac{8,5}{x} = \frac{6}{d},$$

d'où

$$x = d \times \frac{8,5}{6}.$$

On obtient ainsi

	HAUTEUR.	LARGEUR DES TRAITS.
1re ligne...	$7^{mm}08$	$1^{mm}4$
2e — ...	6 37	1 27
3e — ...	5 66	1 13
4e — ...	4 96	0 99
5e — ...	4 25	0 85
6e — ...	3 9	0 78
7e — ...	3 54	0 7
8e — ...	2 8	0 56

La valeur de l'acuité s'obtient avec cette échelle de la façon suivante : si à 6 mètres un œil distingue les lettres de la 5e ligne, son acuité est

$$V = \frac{o'}{o} \text{ (2e méthode)} \quad \text{ou} \quad \frac{8,5}{4,25} = \frac{6}{3} = 2.$$

On divise donc la grandeur des lettres lues par l'œil d'acuité 1 par celle des lettres que lit, à cette même distance, l'œil examiné ; ou, ce qui donne le même résultat, mais ce qui est moins conforme à la méthode, on divise la distance à laquelle l'œil lit les caractères par le numéro placé au-dessus de ces mêmes caractères.

Pour suivre l'habitude employée, nous avons écrit au-dessus de chaque ligne le numéro correspondant qui est la distance qui permet de voir les optotypes sous l'angle de 5′. Nous le répétons, ce n'est pas ce nombre qui devrait constituer le numéro d'une série, mais bien la hauteur des lettres de chaque série (2e méthode).

Nous reproduisons ci-dessous une réduction typographique de notre échelle :

5m
P R L C
4m50
D S K E
4m
T N H R
3m50
A S P V Z
3m
L C Y T N
2m75
F B D H R
2m50
C P N K V
2m
Z N R H C

Nos deux échelles ne sont pas, comme la plupart, des échelles typographiques ; on ne peut pas, par conséquent, leur reprocher les défauts inhérents à celles-ci. Les lettres ont été dessinées avec le plus grand soin. L'épaisseur des traits a été obtenue en divisant le carré formé par chaque lettre en vingt-cinq petits carrés égaux. De cette façon, l'angle sous lequel chaque trait est vu est bien exactement cinq fois moindre que celui qui correspond à la hauteur. Les lettres n'ont pas été placées de manière à ce que les intervalles soient égaux à la largeur des lettres : nous pensons que chaque lettre porte en elle-même le principe du *minimum separabile*. En effet, pour arriver à lire un caractère d'imprimerie, *il faut voir nettement tous les traits qui constituent ce caractère ;* or, dans une même lettre majuscule, les traits noirs sont séparés en général par des intervalles blancs de même largeur. D'ailleurs, si on mesure, comme nous l'avons fait très souvent, l'acuité d'un même œil : 1° en lui faisant viser les caractères de la dernière ligne de Snellen à des distances variables, et 2° en lui faisant lire l'une ou l'autre de nos échelles à 5 mètres, *on trouve*

absolument la même valeur dans les deux cas. Il est donc inutile de placer les lettres comme l'indiquait Giraud-Teulon, pour observer le principe du minimum separabile. Ainsi, dans l'appareil de Carl, de Francfort, la mesure de l'acuité est faite avec une seule lettre vue isolément. Joy Jeffries s'élève contre la proposition formulée par Green, qui voulait que les caractères soient séparés par des intervalles proportionnels à leur hauteur. L'échelle de Maurel est faite aussi de caractères espacés largement, et ses résultats sont tout à fait semblables à ceux auxquels amènent les autres optotypes.

Nos échelles d'acuité ont été construites non pour le vain plaisir d'en augmenter le nombre, déjà bien considérable, mais parce qu'elles répondent à un besoin, étant donné que physiologiquement et à la lumière du jour l'acuité est toujours plus grande que celle regardée comme acuité moyenne. L'utilité de la détermination de la valeur limite de l'acuité d'un œil est indispensable. Ainsi, dans la mesure du degré des amétropies par la méthode de Donders, nos échelles pourront fournir de meilleurs résultats que celles utilisées d'habitude. En effet, supposons un œil myope ayant une acuité de 1,6 et placé à 6 mètres d'une échelle de Snellen ordinaire. En plaçant des verres de plus en plus forts, cet œil arrive à lire la ligne qui donne $V = 1$; à ce moment on s'arrête, puisque le verre interposé a permis à cet œil d'avoir l'acuité moyenne ou réputée telle. Mais puisque le sujet considéré a l'acuité 1,6, le verre qu'on croit mesurer exactement le degré de myopie pourra être faible et ne pas donner à l'œil l'acuité qui lui appartient. En faisant usage de nos échelles, et surtout de l'échelle décimale, on fera une mesure exacte du degré d'amétropie, puisqu'on pourra obtenir la valeur limite de l'acuité.

Nous avons vérifié le fait expérimentalement en déterminant le degré de myopie : 1° avec l'échelle de Snellen ; 2° avec notre échelle décimale. Dans le premier cas, le verre différait toujours de celui correspondant au second cas de 0^d25 à 0^d50. Cette différence se conçoit aisément, si on remarque qu'un

œil ayant une bonne acuité voit la dernière ligne de Snellen, malgré les cercles de diffusion qui entourent chaque lettre, et provenant de la non complète correction de l'amétropie; au contraire, pour que cet œil puisse lire les caractères correspondant à son acuité 1,8 ou 2, il faudra que l'amétropie soit complètement corrigée.

Une autre circonstance qui démontre l'utilité de nos échelles est la suivante : soit un sujet qui a possédé pendant longtemps l'acuité 1,8 ; à un moment donné, pour une raison quelconque, cette acuité baisse, et le sujet s'en aperçoit : il demande des conseils à un oculiste, qui le place devant son échelle de Snellen : le sujet pouvant lire encore la ligne qui donne V = 1 est considéré comme ayant une acuité normale, et renvoyé comme non malade; il peut résulter de là des conséquences extrêmement fâcheuses pour le patient malade, puisque sa maladie a pu passer inaperçue. S'il était admis, au contraire, que l'acuité moyenne physiologique est comprise entre 1,5 et 2, de pareilles erreurs ne se produiraient pas. C'est pour cette raison que nous espérons voir bientôt une modification apportée dans la valeur de l'unité d'acuité. C'est une anomalie de voir imprimé dans tous les ouvrages que l'acuité moyenne correspond à un minimum separabile de 1′, quand le plus grand nombre des yeux adultes possèdent une acuité qui correspond, en général, à la valeur du minimum separabile d'Uthoff et de Charpentier.

Acuité sans correction.

Lorsqu'on détermine l'acuité chez un amétrope, on corrige d'habitude son amétropie; la mesure de l'acuité est alors représentée par le même nombre, quelle que soit la distance à laquelle se fait cette mesure.

Le prof. Badal a appelé l'attention des ophtalmologistes sur l'*acuité sans correction.*

On comprend facilement qu'un œil amétrope, myope par

exemple, ait une acuité égale à 1 pour une faible distance (celle de son remotum), et qu'à une grande distance, il ait une acuité très mauvaise. Nous avons dit au commencement de cette étude que l'acuité dépendait en première ligne de la netteté de l'image rétinienne de l'objet visé. Les cercles de diffusion qui accompagnent, dans un œil myope, l'image donnée par un objet éloigné, expliquent cette très mauvaise acuité.

Il peut devenir nécessaire cependant dans certains cas, comme le fait remarquer M. Badal, de savoir quelle est la valeur de l'acuité sans correction, pour une distance déterminée, soit que le sujet ne veuille pas faire usage de lunettes, soit que sa profession lui en interdise l'emploi (soldats, marins, employés de chemins de fer, etc.).

Pour mesurer l'acuité d'une personne qui ne veut pas ou ne peut pas porter de lunettes, M. Badal conseille de faire deux déterminations : on fait une détermination à 5-6 mètres, qui représente la vision au loin; la seconde, à la distance qui correspond plus spécialement au travail de près (20 à 50 centimètres, suivant les sujets et la nature de leurs occupations).

Acuité visuelle aux grandes distances.

M. Gayat (1) s'est demandé si la mesure de l'acuité faite avec les échelles typographiques pouvait être comparée à celle faite à de grandes distances. Il est connu de tous, dit-il, que tel sujet placé en face des échelles pourra bien lire à 20 pieds le n° 20, et être considéré comme ayant une acuité parfaite (?), tout en étant complètement incapable de pointer une pièce d'artillerie à 8,000 mètres ou même de viser à 1,200 mètres avec les nouveaux fusils (modèle 1874).

Nous ferons remarquer de suite qu'un œil qui pour M. Gayat ne possède que l'acuité 1, a, non pas une acuité parfaite, mais une acuité médiocre, comme nous l'avons dit déjà.

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXXIV, p. 171.

Quoi qu'il en soit, M. Gayat a entrepris des recherches expérimentales pour savoir comment varie l'acuité aux grandes distances.

Nous rapportons une de ses observations, qui nous paraît intéressante.

« Dans la plaine, au sud-ouest de Laghouat, en plein désert, sans arbres ni montagnes à l'horizon, par un ciel sans nuages, et vers le milieu du jour (c'est ce qu'on peut appeler un bon éclairage), nous mettons en observation quatre sous-officiers de tirailleurs algériens (de 25 à 35 ans) en face d'un sous-officier français de 1^m70 de taille. Il porte un pantalon garance, une capote gris-noir, un képi noir avec simple liséré garance et des épaulettes vertes, un galon rouge large de 2 centimètres au bas de ses manches, pas d'armes ni aucune autre pièce métallique que les boutons de la capote. A 1,000 mètres, deux des tirailleurs disent voir nettement le pantalon et les galons rouges des manches. Ils annoncent que le fantassin pivote sur lui-même, marche en avant ou vient directement vers eux, mouvements dont j'étais convenu en secret et qui devaient être faits à des moments déterminés. Pour moi-même et les deux autres Arabes, à 600 mètres, aucun des mouvements n'était perceptible. Il fallait pour les constater que le fantassin marchât obliquement ou dans un sens latéral par rapport à nous et par rapport au point où il se tenait primitivement. Cependant les quatre tirailleurs avaient comme nous une acuité > 1, trois étant emmétropes, et le quatrième, un de ceux qui voyaient le moins bien, étant légèrement hypermétrope. Mais à 550 mètres, nous reconnaissions tous les oscillations de la tête et le pivotement du corps sur lui-même. A 400 mètres, les deux premiers tirailleurs disent voir la bouche; pour les trois autres, et avec une concordance parfaite, ces mêmes détails ne sont perceptibles qu'en faisant approcher le fantassin à 320 mètres.

» A 300 mètres, chacun de nous reconnaît la couleur châtain de la barbe, l'échancrure du col de la capote, les épaulettes

vertes. Les deux premiers tirailleurs prétendent lire le chiffre unique du bataillon, haut de 3 centimètres, jaune sur fond noir. Les autres n'en distinguent que l'emplacement. »

M. Gayat fait suivre cette observation des réflexions suivantes :

« Pour comparer la valeur de l'acuité mesurée par les échelles et sa valeur à grande distance, choisissons la distance à laquelle, dans nos expériences, tout le monde a reconnu quelque détail de la figure du fantassin. Si nous donnons à la figure une hauteur moyenne de 20 centimètres, nous voyons qu'un caractère typographique de cette dimension doit être lu, d'après le calcul, à la distance de 660 mètres, tandis que, d'après l'expérience, ces détails ne sont perçus *par des personnes ayant l'acuité normale,* et dans les meilleures conditions d'éclairage, qu'à 300 mètres. Nous ne multiplierons pas ces rapprochements, qui établissent suffisamment la différence des résultats entre la méthode expérimentale et la méthode mathématique pour la détermination de l'acuité aux grandes distances. »

Nous ne sommes pas d'accord avec M. Gayat sur plusieurs points. D'abord, si on fait le calcul de la distance à laquelle un caractère typographique de 20 centimètres doit être vu sous l'angle de 5′, on trouve 155 mètres au lieu de 660 mètres. M. Gayat a fait un calcul qui se rapporte à un caractère typographique dont l'épaisseur du trait serait de 20 centimètres, ce qui donnerait à ce caractère une hauteur de 1 mètre!

Cet objet est vu, dit M. Gayat, à 300 mètres, ce qui est sensiblement le double de 155 mètres; cela s'explique simplement si les acuités des yeux choisis étaient voisines de 2. Et, en effet, M. Gayat dit bien que l'acuité de chacun était supérieure à 1 : il est regrettable qu'il n'ait pas mesuré *exactement* la valeur de V. De cette façon, il est très probable que le calcul et l'expérience auraient été parfaitement d'accord. Nous ne voyons pas, en effet, de raison qui ferait que l'acuité n'aurait pas la même valeur à une distance de 60 mètres qu'à

une de 300 mètres, du moment que l'angle qui mesure l'acuité est le même dans les deux cas.

Une seule cause pourrait produire une différence : c'est la plus ou moins grande transparence de l'air, qui peut être troublée par des poussières ou de la vapeur d'eau.

L'expérience intéressante de M. Gayat prouve que nous avons raison de dire que la majorité des yeux physiologiques ont une acuité voisine de 2 à un bon éclairage (c'était bien le cas où s'est placé M. Gayat), que la détermination soit faite à 5 mètres ou à 300 mètres.

VI

Acuité vraie et acuité apparente des amétropes.

Nous avons défini l'acuité visuelle l'inverse du plus petit *angle* sous lequel un œil peut encore distinguer la forme d'objets donnés, et nous avons vu que la valeur de cet angle correspondant à l'unité d'acuité avait été prise égale à 1'. Les échelles d'acuité sont construites sur cette base.

Or, comme l'a fait remarquer M. Badal (1), lorsqu'un œil amétrope est corrigé, l'angle correspondant à une série donnée de l'échelle d'acuité n'est plus le même que dans le cas d'un œil emmétrope. Le verre correcteur, en produisant l'égalité des images rétiniennes, a pour effet de diminuer cet angle dans la myopie et de l'augmenter dans l'hypermétropie.

Si, au contraire, l'œil amétrope n'était pas corrigé, à une même lettre correspondrait le même angle dans tous les yeux (voir fig. 2 et fig. 3).

En présence de la perturbation apportée par l'interposition du verre correcteur, on est en droit de se demander s'il ne vaudrait pas mieux prendre pour mesure de l'acuité la grandeur des images rétiniennes au lieu de l'angle visuel.

On peut, en effet, concevoir que la mesure de l'acuité soit faite en prenant pour unité celle d'un œil qui distinguerait nettement un objet dont la grandeur de l'image rétinienne serait par exemple 0,004. Dans ces conditions, la mesure de V se ferait toujours en produisant l'égalité des images rétiniennes.

(1) *Soc. d'ophtalm. et de laryng. de Bordeaux*, séance de mai 1893.

Nous pensons qu'il est inutile de changer la méthode de détermination de l'acuité, mais qu'il est utile de séparer la mesure faite en laissant l'angle constant pour tous les yeux, de la mesure faite avec modification de l'angle visuel.

L'acuité qui, chez les amétropes, correspond à la constance de l'angle visuel, est celle que possède l'œil amétrope quand il n'est pas corrigé, l'image rétinienne étant cependant *nette*. Pour cela, il faut que cet œil reçoive les rayons émanant des caractères de l'échelle d'acuité, comme si elle était à son punctum remotum, sans que, pourtant, la valeur de l'angle soit autre que celle qui correspond à la distance habituelle de la mesure de l'acuité (5 ou 6 mètres). Ces deux conditions sont parfaitement réalisées avec l'optomètre du prof. Badal.

L'acuité d'un œil amétrope déterminée en conservant l'angle constant est celle qu'a cet œil sans le secours de son verre correcteur, celle qui n'est due qu'à lui seul : nous proposons de l'appeler *acuité vraie* de l'œil amétrope.

Au contraire, lorsque l'amétropie d'un œil est corrigée, les images rétiniennes sont égales, mais l'angle sous lequel un même objet est vu varie : l'acuité qui correspond à des angles visuels variables, celle que *paraît* avoir l'œil muni de son verre correcteur, nous proposons de l'appeler *acuité apparente* de l'œil amétrope.

L'acuité vraie d'un œil amétrope a plus qu'un intérêt théorique ; c'est celle dont, par exemple, un œil myope se sert lorsqu'il lit des caractères placés à son remotum sans le secours de ses lunettes, ce qui arrive souvent à de tels yeux.

Il nous semble que c'est cette acuité vraie, due à l'œil lui-même et rien qu'à lui, qui doit entrer en ligne de compte lorsqu'on étudie la variation de l'acuité avec l'âge, et non pas l'acuité apparente qui est due au système dioptrique formé par la lentille correctrice et l'œil.

Nous allons calculer, élémentairement, quelle est la relation qui existe entre ces deux acuités.

1° *Amétropies axiles.*

1° ***Myopie.*** — Considérons un œil myope dont le centre optique est K; l'objet AB, le plus petit que l'œil puisse distinguer, produit sur la rétine de cet œil *non corrigé* une image rétinienne MM′ qui sera nette si, par un dispositif approprié (optomètre de Badal), l'œil voit l'objet comme étant à son punctum remotum, mais sous l'angle AKB égal à celui sous lequel l'objet serait vu à distance.

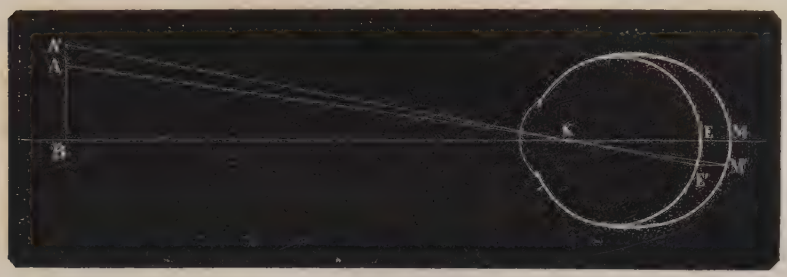


Fig. 9.

Lorsque l'œil est muni de son verre correcteur, la même portion de la rétine correspond à un objet de grandeur différente de AB; puisque le verre correcteur produit l'égalité des images rétiniennes, l'objet qui fournit, l'œil étant corrigé, l'image MM′, a une grandeur telle que dans l'œil emmétrope il produit une image rétinienne EE′ = MM′; il suffit donc de joindre E′K et on a l'objet A′B > AB. Nous allons calculer la valeur de l'acuité vraie de cet œil myope, en fonction de son acuité apparente.

L'acuité apparente, c'est-à-dire celle que possède l'œil quand il est muni du verre correcteur, est

$$V_a = \frac{o}{A'B},$$

o étant la grandeur de l'objet qui, à la même distance, est vu sous l'angle de 5′, et AB étant supposé le plus petit caractère de l'échelle que l'œil puisse lire.

L'acuité vraie du même œil est

$$V = \frac{o}{AB}.$$

Le rapport de l'acuité vraie à l'acuité apparente est, par conséquent,

$$\frac{V}{V_a} = \frac{\frac{o}{AB}}{\frac{o}{A'B}} = \frac{A'B}{AB}.$$

Or, les triangles semblables A'BK et EE'K donnent la proportion

$$\frac{A'B}{BK} = \frac{EE'}{KE},$$

d'où

$$A'B = BK \cdot \frac{EE'}{KE}.$$

Dans les triangles ABK et MM'K, on a

$$\frac{AB}{BK} = \frac{MM'}{KM},$$

d'où

$$AB = BK \times \frac{MM'}{KM}.$$

Puisque, par construction, EE' = MM', on peut écrire

$$\frac{A'B}{AB} = \frac{KM}{KE},$$

et

$$\frac{V}{V_a} = \frac{KM}{KE},$$

ou

$$\frac{V}{V_a} = \frac{KM}{KE} = \frac{KE + EM}{KE} = 1 + \frac{EM}{KE}.$$

La distance EM de la rétine de l'œil myope à celle de l'œil emmétrope est, comme nous le savons, égale au produit $N.\varphi.\varphi'$ (page 38). KE étant ce que nous appelons φ, il vient

$$V = V_a \left(1 + \frac{N\varphi\varphi'}{\varphi}\right) = V_a (1 + N\varphi').$$

La valeur φ' est 0,020 dans l'œil réduit ; par suite,

$$V = V_a\,(1 + 0{,}02 \times N).$$

Cette formule montre que l'acuité vraie d'un œil myope axile est plus grande que l'acuité apparente.

Pour donner une idée des valeurs respectives de ces deux acuités, supposons le cas d'un œil myope de 6 dioptries avec une acuité apparente (mesurée avec le verre correcteur) de 1,3 ou $\frac{6,5}{5}$.

En appliquant la formule à laquelle nous arrivons, on a

$$V = 1{,}3\,(1 + 0{,}02 \times 6) = 1{,}45 \quad \text{ou} \quad \frac{7,30}{5}.$$

Ce qui veut dire qu'à 7^m30 d'une échelle d'acuité, cet œil non corrigé, en recevant les rayons lumineux comme s'ils venaient de son punctum remotum (ce qu'on obtient facilement avec l'optomètre de Badal), peut lire les caractères qui sont distingués à 5 mètres par l'œil d'acuité 1 ; tandis que si la myopie est corrigée, il est obligé de se placer à 6^m50 de ces mêmes lettres : il ne pourra donc distinguer ces caractères qu'en se plaçant à 80 centimètres plus près.

2° *Hypermétropie.* — Soit un œil hypermétrope dont la rétine est en H, celle de l'œil emmétrope étant en E. Un objet AB fournit sur la rétine de l'œil non corrigé une image HH'. Lorsque l'œil est muni de son verre correcteur, l'objet qui impressionne la même partie de la rétine est celui qui forme sur celle de l'emmétrope une image EE' égale et dont la grandeur est déterminée en joignant E'K. On a ainsi l'objet A'B < AB.

Fig 10.

L'acuité vraie de cet œil est, comme dans le cas précédent,

$$V = \frac{o}{AB}.$$

Son acuité apparente est de même

$$V_a = \frac{o}{A'B}.$$

Le rapport de ces deux acuités est

$$\frac{V}{V_a} = \frac{\frac{o}{AB}}{\frac{o}{A'B}} = \frac{A'B}{AB}.$$

Les triangles A'BK et EE'K donnent

$$\frac{A'B}{BK} = \frac{EE'}{KE},$$

d'où on tire

$$A'B = BK \cdot \frac{EE'}{KE}.$$

De même, dans les triangles ABK et HH'K, on a

$$\frac{AB}{BK} = \frac{HH'}{KH},$$

d'où

$$AB = BK \cdot \frac{HH'}{KH}.$$

Par suite,

$$\frac{A'B}{AB} = \frac{KH}{KE}.$$

Or,

$$KH = KE - EH.$$

La distance $EH = N\varphi\varphi'$, ce qui donne

$$\frac{V}{V_a} = 1 - \frac{N\varphi\varphi'}{\varphi} = 1 - N\varphi',$$

ou

$$V = V_a\,(1 - 0{,}02.N).$$

Cette expression montre que l'acuité vraie d'un œil hypermétrope axile est plus petite que son acuité apparente.

Exemple : Supposons un œil hypermétrope de 4 dioptries ayant une acuité apparente (avec le verre correcteur) égale à 1,2 ou $\frac{6}{5}$.

On a

$$V = 1{,}2\ (1 - 0{,}02 \times 4) = 1{,}1 \quad \text{ou} \quad \frac{5{,}50}{5}.$$

Ce qui veut dire que si cet œil hypermétrope non corrigé et n'accommodant pas recevait des rayons convergeant vers son punctum remotum virtuel et émanant des caractères de l'échelle qui, à 5 mètres, correspondent à l'acuité 1, il faudrait que cet œil se place à 5^m50 pour lire ces caractères qu'il distinguait, avec son verre correcteur, à la distance de 6 mètres.

En résumant dans une même formule l'expression de l'acuité vraie des yeux amétropes axiles, en fonction de leur acuité apparente, on a

$$V = V_a\ (1 \pm 0{,}02 \times N).$$

2° *Amétropies de courbure.*

Lorsqu'on place le verre correcteur d'une amétropie de courbure en contact avec la cornée de l'œil, les images rétiniennes sont égales à celles de l'emmétrope. Dans ces conditions, l'œil a une acuité que nous appelons acuité *apparente,* par opposition à l'acuité *vraie,* cette dernière étant l'acuité que possède l'œil non corrigé, et correspondant à des angles visuels égaux. Cette acuité, disons-le de suite, ne peut être déterminée que par l'optomètre de Badal.

1° *Myopie.* — Soit un œil myope dont le centre optique est en K_1, celui de l'emmétrope étant en K. Un objet AB forme sur la rétine de cet œil l'image EM, lorsque la myopie n'est pas corrigée. Cette image sera nette si les rayons, tout en tombant sur l'œil sous l'angle AK_1B, paraissent venir du punctum remotum de cet œil. Lorsque le verre correcteur est placé devant l'œil, la même portion de la rétine correspond à l'objet qui dans l'œil emmétrope formerait une image rétinienne égale,

c'est-à-dire à l'objet A′B obtenu en joignant M au centre optique K de l'emmétrope.

Fig. 41.

Comme le montre la figure, A′B est plus grand que AB.

L'acuité vraie de cet œil est

$$V = \frac{o}{AB},$$

o étant la grandeur de l'objet qui, à la même distance, est vu sous l'angle de 5′.

L'acuité apparente est évidemment

$$V_a = \frac{o}{A'B},$$

Le rapport de ces deux acuités est

$$\frac{V}{V_a} = \frac{\frac{o}{AB}}{\frac{o}{A'B}} = \frac{A'B}{AB}.$$

Dans les triangles A′BK et KEM, on a

$$\frac{A'B}{BK} = \frac{EM}{KE}, \quad \text{d'où} \quad A'B = BK \cdot \frac{EM}{KE}.$$

Les triangles ABK$_1$ et K$_1$EM donnent de même

$$\frac{AB}{BK_1} = \frac{EM}{K_1E},$$

d'où

$$AB = BK_1 \times \frac{EM}{K_1E}.$$

Les distances BK et BK_1 étant très sensiblement égales,

$$\frac{A'B}{AB} = \frac{K_1E}{KE}$$

et

$$\frac{V}{V_a} = \frac{K_1E}{KE} = 1 + \frac{KK_1}{KE},$$

$$KE = \varphi = 15^{mm} \quad \text{et} \quad PK = 5^{mm}.$$

Pour exprimer KK_1, on a

$$KK_1 = PK - PK_1 = 5 - PK_1.$$

PK, qui est le rayon de courbure de l'œil myope, a pour valeur numérique, en remplaçant n par $\frac{4}{3}$,

$$r = \frac{e}{3eN + 4} = \frac{20}{3 \times 20.N + 4} = \frac{5}{15N + 1},$$

et

$$KK_1 = \frac{5 \times 15N}{15N + 1},$$

ce qui donne

$$\frac{V}{V_a} = 1 + \frac{\frac{5 \times 15N}{15N + 1}}{15} = 1 + \frac{5N}{15N + 1},$$

d'où

$$V = V_a \left(1 + \frac{5N}{15N + 1}\right).$$

On voit que l'acuité vraie est, comme pour la myopie axile, plus grande que l'acuité apparente.

Exemple. — Supposons un œil myope de 6 dioptries ayant une acuité apparente de $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3,30}{5}$: son acuité vraie est

$$V = \frac{2}{3}\left(1 + \frac{5 \times 4}{15 \times 4 + 1}\right) = \frac{4,40}{5}.$$

Au lieu de se placer à 3^m30 pour lire les caractères que l'œil d'acuité 1 lit à 5 mètres, l'œil non corrigé lirait ces mêmes lettres à 4^m40 (ou à 1^m10 plus loin) s'il recevait de ces caractères les rayons tombant dans la direction de son remotum.

2° *Hypermétropie.* — Soit un œil hypermétrope dont le

centre optique est en K_1, celui de l'emmétrope étant en K. Un objet AB forme l'image rétinienne EH, qui sera nette si les rayons, tout en tombant sous le même angle AK_1B, paraissent venir du remotum de cet œil. Lorsque le verre correcteur est placé en contact avec la cornée, la même portion de la rétine correspond à un objet dont la grandeur est celle de l'objet qui, dans l'œil emmétrope, donne la même image rétinienne, et qu'on détermine en joignant HK. On obtient ainsi $A'B < AB$.

L'acuité vraie de cet œil est

$$V = \frac{0}{AB}.$$

Son acuité apparente est

$$V_a = \frac{0}{A'B},$$

et le rapport des deux acuités

$$\frac{V}{V_a} = \frac{A'B}{AB}.$$

Les triangles $A'BK$ et KEH donnent

$$\frac{A'B}{BK} = \frac{EH}{KE} \quad \text{d'où} \quad A'B = BK \cdot \frac{EH}{KE}.$$

Fig. 12.

Dans les triangles ABK_1 et K_1EH, on a

$$\frac{AB}{BK_1} = \frac{EH}{K_1E},$$

d'où

$$AB = BK_1 \times \frac{EH}{K_1E}.$$

Par suite :

$$\frac{V}{V_a} = \frac{K_1 E}{KE} = 1 - \frac{KK_1}{KE}.$$

La distance KK_1, étant comptée ici à droite du point K, doit être affectée du signe —, en sorte qu'on a

$$\frac{V}{V_a} = 1 - \frac{-KK_1}{KE} = 1 + \frac{KK_1}{KE}.$$

La valeur numérique de PK_1 est

$$PK_1 = \frac{5}{1 - 15N},$$

et

$$KK_1 = \frac{5}{1 - 15N} - 5 = \frac{5 \times 15N}{1 - 15N}.$$

Ce qui donne

$$\frac{V}{V_a} = 1 + \frac{\frac{5 \times 15N}{1 - 15N}}{15} = 1 + \frac{5N}{1 - 15N},$$

ou

$$V = V_a \left(1 + \frac{5N}{1 - 15N}\right) = V_a \left(1 - \frac{5N}{(15N - 1)}\right).$$

On voit que l'acuité vraie est plus petite que l'acuité apparente.

Exemple. — Supposons un œil hypermétrope de 4 dioptries ayant une acuité apparente égale à 1.

On a

$$V = 1 \left(1 - \frac{5 \times 4}{15 \times 4 - 1}\right) = \frac{3,30}{5}.$$

Cet œil hypermétrope muni de son verre correcteur peut lire à 5 mètres les caractères que l'œil d'acuité 1 lit à 5 mètres, tandis que, sans correction, quand les rayons émanant de ces lettres tombent en convergeant vers son punctum remotum (optomètre de Badal), son acuité n'est plus que de $\frac{3,30}{5} = \frac{2}{3}$, ce qui correspond à un rapprochement de l'œil de 1^m60.

En résumant en une seule formule la valeur de V en fonction de l'acuité apparente des amétropes, on a

$$V = V_a \left(1 \pm \frac{5N}{15N \pm 1}\right).$$

Influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle.

Certains auteurs se sont préoccupés de chercher de quelle façon l'acuité visuelle des yeux amétropes était modifiée par le verre correcteur.

Woinow, de Moscou (1), évalue l'influence du verre correcteur en comparant la tangente de l'angle visuel de l'œil corrigé à celle de l'œil nu : il trouve que ce rapport est

$$\frac{f}{V + x},$$

f étant la distance focale du verre correcteur, et x la distance du verre au premier point nodal.

Knapp (2) appelle mesure inexacte de l'acuité visuelle celle qui est faite sans tenir compte de l'effet produit par les verres de lunettes. Il trouve :

1° Qu'une lentille convexe de 10^d placée devant un œil hypermétrope, visant à distance, augmente la dimension de l'image rétinienne dans le rapport de $\frac{1,08}{1}$;

2° Qu'une lentille concave de même puissance, neutralisant à distance la réfraction d'un œil myope, diminue au contraire l'image rétinienne dans le rapport de $\frac{0,93}{1}$.

Knapp a construit un tableau donnant, pour chaque numéro des verres positifs et négatifs, l'effet amplifiant (position négative) en mettant en regard les distances correspondantes pour obtenir l'acuité 1.

Donders s'est aussi occupé de la question que nous étudions (3) : il appelle acuité visuelle absolue celle qui est déterminée quand on fait regarder un objet très éloigné avec ou sans verre correcteur, l'accommodation étant au repos. Il

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXX, p. 185.
(2) *Ann. d'ocul.*, t. LXVII, p. 216.
(3) *Ann. d'ocul.*, t. LXXI, p. 89.

désigne par acuités relatives celles qu'on obtient en faisant regarder des objets à différentes distances, soit en employant des verres correcteurs, soit en provoquant des efforts d'accommodation. Il représente l'acuité relative v par la formule $v = V.q$.

Il établit ses calculs sur l'œil schématique et fait par conséquent intervenir les considérations des points cardinaux du système. Il trouve pour la valeur de q

$$q = \frac{g''_2}{15}.$$

g''_2 est la distance du second point nodal à la rétine. Donders ne considère que le cas des amétropies axiles, le verre correcteur étant dans le plan focal antérieur de l'œil. Pour évaluer g''_2 dans le cas de la myopie, il faut ajouter à 15 millimètres la distance ε de la rétine de l'œil myope à celle de l'emmétrope; cette longueur ε est égale à $N.f.f'$ ou à $0^{mm}3 \times N$.

La valeur de q est alors

$$q = \frac{15 \pm 0{,}3 \times N}{15}.$$

Nos calculs élémentaires nous ont conduit au même résultat dans le cas des amétropies axiles.

Considérant le cas où le verre est placé à des distances variables de l'œil, le savant ophtalmologiste d'Utrecht se demande à quel moment on doit cesser de parler d'augmentation d'acuité visuelle et où on doit parler de grossissement. Il propose la distance de 5 centimètres comme dernière limite.

Enfin, Gullstrand (1) appelle acuité absolue d'un œil amétrope axile celle qui, à distance, est donnée après correction de l'amétropie, et il appelle acuité relative celle qui est obtenue à faible distance quand il y a accommodation.

On voit combien tous ces termes d'acuités absolue et relative sont appliqués différemment. L'étude méthodique que nous faisons de la question éclairera, nous l'espérons, le lecteur sur ce point.

---

(1) *Rev. gén. d'ophtalm.*, 1891, p. 299.

Les formules que nous avons établies permettent très facilement de se rendre compte de l'influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle dans chaque genre d'amétropie.

La valeur de l'acuité apparente dans la myopie axile est

$$V_a = \frac{V}{1 + 0{,}02 + N}.$$

Pour la myopie de courbure, on a

$$V_a = \frac{V}{1 + \frac{5N}{15N + 1}} = \frac{V\,(15N + 1)}{20N + 1}.$$

En donnant à N les valeurs successives 1, 2, 3, ..., 10 dans les deux cas, on trouve :

1° *Myopie axile.*

DEGRÉ DE LA MYOPIE.	VALEUR DE V_a.
1D	0,98 .V
2	0,961.V
3	0,943.V
4	0,926.V
5	0,91 .V
6	0,89 .V
7	0,87 .V
8	0,86 .V
9	0,84 .V
10	0,833.V

2° *Myopie de courbure.*

DEGRÉ DE LA MYOPIE.	VALEUR DE V_a.
0,1	0,83 .V
0,2	0,80 .V
1	0,762 .V
2	0,756 .V
3	0,754 .V
4	0,753 .V
5	0,7524.V
6	0,7520.V
7	0,751 .V
8	0,75 .V

On peut, avec ces valeurs de V_a, construire la courbe, pour chaque espèce de myopie, indiquant la variation de l'acuité apparente avec le degré de myopie. Cette courbe est la représentation de l'influence des verres correcteurs sur l'acuité des myopes.

Influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle.

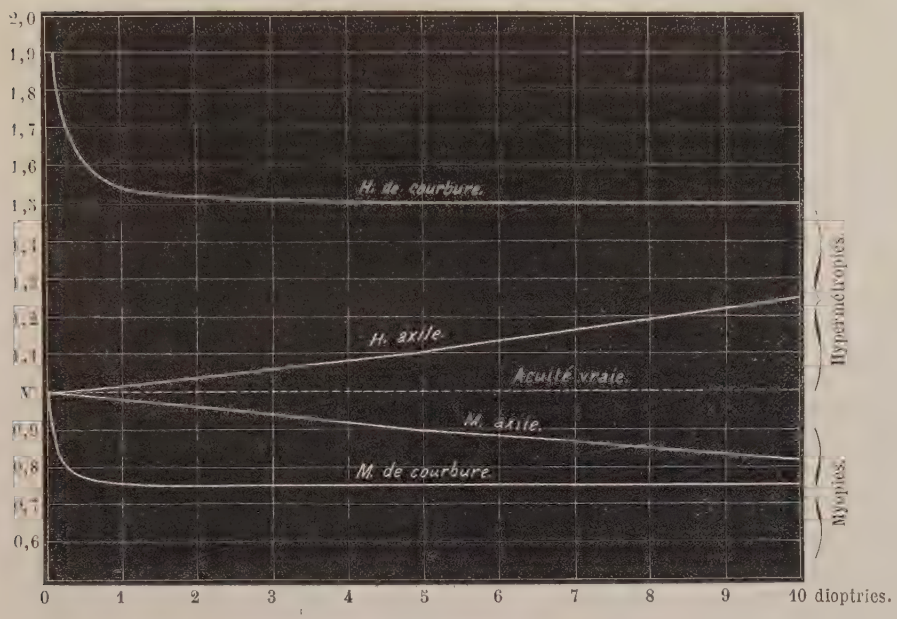


Fig. 13.

On peut constater que les ordonnées de la courbe correspondant aux myopies de courbure sont plus petites pour la même valeur de N. Nous verrons l'importante conséquence qu'on peut en tirer.

La valeur de l'acuité apparente dans l'hypermétropie axile est

$$V_a = \frac{V}{1 - 0{,}02N}.$$

Dans l'hypermétropie de courbure, elle est

$$V_a = \frac{V}{1 - \frac{5N}{15N - 1}} = \frac{V\,(15N - 1)}{10N - 1}.$$

En donnant à N les valeurs successives 1, 2, 3, ..., 10 dioptries, on obtient :

1° *Hypermétropie axile.*

DEGRÉ DE L'HYPERMÉTROPIE.	VALEUR DE V_a.
1^D	1,02.V
2	1,04.V
3	1,06.V
4	1,08.V
5	1,11.V
6	1,13.V
7	1,16.V
8	1,19.V
9	1,22.V
10	1,25.V.

2° *Hypermétropie de courbure.*

DEGRÉ DE L'HYPERMÉTROPIE.	VALEUR DE V_a.
0^D,5	1,625.V
1	1,55 .V
2	1,526.V
3	1,517.V
4	1,512.V
5	1,510.V
6	1,508.V
7	1,507.V
8	1,506.V
9	1,505.V
10	1,50 .V

Si, avec ces valeurs, on construit une courbe pour chaque genre d'hypermétropie, on obtient la représentation graphique de l'influence des verres correcteurs sur l'acuité des hypermétropes. (Voir la figure précédente.) Les ordonnées de l'hypermétropie de courbure sont plus grandes que celles de l'hypermétropie axile : c'est l'inverse de ce qui a lieu pour la myopie.

Pour expliquer, dans le cas des amétropies axiles, l'influence des verres correcteurs sur la valeur de l'acuité visuelle, Knapp admet comme étant démontré que le nombre des éléments rétiniens est le même dans tous les yeux; en sorte que dans l'œil hypermétrope les éléments sont plus ramassés, et dans l'œil myope plus écartés. Par conséquent, dans l'œil hypermétrope, l'étendue limitée sur la rétine par le même angle contient plus d'éléments sensibles que dans l'œil emmétrope; par suite, la même grandeur d'image rétinienne affecterait plus d'éléments et serait vue plus distinctement et agrandie : les verres convexes augmentent donc la puissance de perception. Pour la myopie, Knapp trouve que ce doit être le contraire.

Cette explication ne peut guère être admise, car les images rétiniennes considérées dans la mesure de l'acuité se forment sur la macula, dont les dimensions doivent peu varier; de plus, pour les amétropies de courbure dans lesquelles la surface rétinienne ne change pas, il est impossible de faire cette hypothèse.

Widmark, de Stockholm, a aussi étudié l'influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle (apparente); il ne s'est occupé que de la myopie, sans rechercher si elle était axile ou de courbure. Dans ce but, il a étudié l'acuité des élèves des écoles de Stockholm, et il a tracé la courbe (que nous reproduisons) en prenant pour ordonnées les différentes valeurs de V, et pour abscisses les degrés successifs de myopie depuis 0 jusqu'à 8 dioptries. Cette courbe montre que l'acuité de ces

Acuité moyenne correspondant à des degrés divers de myopie.

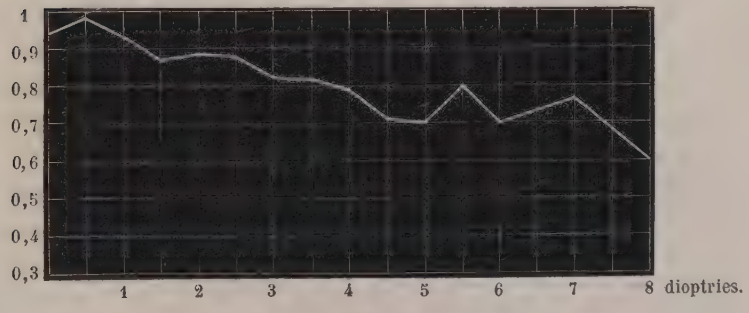


Fig. 14.

yeux myopes corrigés va en diminuant assez régulièrement jusqu'à 4 dioptries ; de 4^{d}5 à 8 dioptries, elle subit des fluctuations très irrégulières. Widmark (1) n'explique pas cette bizarrerie de forme de sa courbe qui représente des moyennes. On est étonné, en effet, *a priori*, de ce que la variation de l'acuité soit aussi capricieuse entre 4^{d}5 et 8 dioptries.

L'explication de ce résultat assez intéressant se trouve dans l'examen des courbes que nous avons tracées plus haut, et qui représentent la variation de l'acuité des yeux myopes corrigés avec le degré de myopie.

Si on rapproche la courbe de Widmark des nôtres, on voit que les points qui correspondent à 4^{d}5, à 6 dioptries et à 8, se rapportent à la variation de l'acuité pour les myopies *de courbure;* qu'à 5^{d}5 et à 7 dioptries, les points de la courbe de Widmark se rapportent à des myopies *axiles.*

L'explication tirée de la comparaison des courbes construites d'après nos calculs avec celle de Widmark paraît être celle-ci : les myopes examinés ayant 4^{d}5, 5, 6 et 8 dioptries de myopie étaient en grande partie des myopes de courbure ; au contraire, ceux de 5^{d}5 et de 7 dioptries étaient des myopes axiles. Quant aux myopies de 1 dioptrie à 4^{d}5, elles étaient en grande partie des myopies axiles.

Les déterminations expérimentales pouvant être interprétées par les résultats fournis par nos calculs, ceux-ci acquièrent par là même plus qu'une importance théorique.

Berry (2) a fait également un grand nombre de déterminations pour savoir de quelle façon varie l'acuité avec les amétropies axiles ; il arrive à cette conclusion que l'acuité visuelle (apparente) après correction complète de l'amétropie est inférieure dans la myopie à l'acuité des emmétropes, et que dans l'hypermétropie elle lui est supérieure.

D'autre part, Seggel (3), ayant déterminé l'acuité visuelle

(1) *Rev. gén. d'ophtalm.*, 1887, p. 36.
(2) *Rev. gén. d'ophtalm.*, 1887, p. 39.
(3) *Ann. d'ocul.*, t. XCIV, p. 157.

sur 1,560 soldats de 20 à 25 ans, a trouvé que chez les myopes l'acuité (apparente) est plus faible que chez les emmétropes, et qu'elle descend proportionnellement au degré de la myopie (résultat conforme à notre courbe); mais, contrairement aux recherches de Berry, il trouve que l'acuité des hypermétropes est, elle aussi, plus faible que chez les emmétropes. Ce résultat contradictoire est expliqué par les déterminations de Nimier (1). Celui-ci, en effet, se basant sur l'examen de 1,116 yeux hypermétropes, a reconnu qu'il y avait une diminution de l'acuité chez beaucoup de ces yeux : ce qui tient à ce que, comme il l'a constaté très souvent, l'œil hypermétrope est, de plus, astigmate. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que les raisonnements faits sur les amétropies sphériques ne s'appliquent plus à l'astigmatisme.

C'est de la même façon qu'on ne peut pas appliquer ce que nous avons établi pour la myopie physiologique stationnaire, à la myopie progressive ou véritable état pathologique du fond de l'œil.

---

(1) *Rev. gén. d'ophtalm.*, 1890, p. 379.

VII

Détermination de l'acuité des yeux amétropes par l'optomètre du prof. Badal.

Nous avons déjà fait entrevoir qu'il n'y avait que l'optomètre permettant de déterminer l'acuité vraie d'un œil amétrope; la mesure que l'on fait à distance et avec le verre correcteur est celle de l'acuité apparente.

Parmi les nombreux optomètres que nous avons cités plus haut, nous ne considérerons que celui de Badal, dont un grand nombre dérivent.

En présentant son optomètre, M. Badal n'avait considéré que le cas où le foyer de la lentille de l'appareil coïncidait avec le point nodal ou centre optique de l'œil, ce qui permettait d'avoir la valeur mathématique du degré d'amétropie (1).

Giraud-Teulon, au contraire, a donné la théorie de cet appareil en supposant le foyer de la lentille en coïncidence avec le foyer antérieur de l'œil : « Dans ces conditions, dit M. Badal (2), on détermine le numéro des verres correcteurs de la même façon que par la méthode de Donders, dans laquelle on place le verre dans le plan focal antérieur de l'œil. »

Dès cette époque (1876), l'appareil fut construit de manière à pouvoir faire coïncider avec le foyer de la lentille de l'optomètre, soit le centre optique, soit le foyer antérieur de l'œil : c'est ce qui a fait dire à M. Loiseau « qu'on aurait mauvaise grâce à reprocher à cet appareil une défectuosité qui a disparu (3). »

---

(1) *Ann. d'ocul.*, t. LXXV, p. 1.
(2) *Ann. d'ocul.*, t. LXXV, p. 102.
(3) *Ann. d'ocul.*, t. LXXXV, p. 1.

Nous nous occuperons de l'optomètre, non pas dans le but de la détermination du degré d'amétropie, mais *exclusivement* au point de vue de la mesure de l'acuité. Aussi, une des principales objections que l'on fait à l'emploi de cet appareil, celle de l'influence de l'accommodation donnant des résultats erronés, n'a pas sa raison d'être pour l'acuité visuelle. C'est d'ailleurs pour cela que M. Badal dit : « La mesure de la réfraction peut être erronée sans que celle de l'acuité le soit. »

La mesure de l'acuité par l'optomètre de Badal ne nous paraît pas avoir été aussi bien étudiée que celle de la mesure des amétropies.

Ainsi, dans le cas de l'emmétropie, la position que doit occuper l'œil pour que la mesure de V soit bien faite n'est pas indiquée; d'autre part, on n'a pas, croyons-nous, démontré pourquoi chez les amétropes axiles les images réténiennes sont égales à celles de l'œil emmétrope, lorsque le foyer antérieur coïncide avec celui de la lentille; enfin, la question des amétropies de courbure a été à peu près négligée; il est vrai que M. Mergier en dit quelques mots à propos de son optomètre; mais nous verrons qu'il a commis quelques inexactitudes.

Pour bien rétablir les choses telles qu'elles doivent être, nous allons insister sur chaque point, en donnant chaque fois des démonstrations à l'appui.

1° *Mesure de V chez les yeux emmétropes par l'optomètre.* — Considérons un œil réduit emmétrope placé de façon

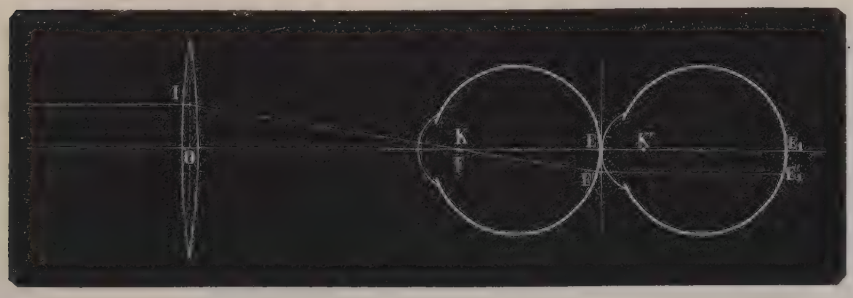


Fig. 15.

que son centre K coïncide avec le foyer F de la lentille : la lettre de l'échelle d'acuité vue sous l'angle IKO forme sur la rétine l'image EE′; dans ces conditions, on trouve pour mesure de l'acuité de cet œil une valeur V. Si l'œil est placé derrière l'œilleton de l'appareil, c'est-à-dire de façon que son foyer antérieur coïncide avec celui de la lentille, le plan principal de l'œil sera tangent à la rétine de la position 1, car la distance KE = 15 millim., et la distance focale antérieure de l'œil réduit égale aussi 15 millim.; par suite, le rayon IKE′ aura pour réfracté dans l'œil (position 2) un rayon E′E_1' parallèle à l'axe : en sorte que l'image E_1E_1' = EE′. Le même objet formant dans les deux positions la même image rétinienne, il s'ensuit que la mesure dans les deux positions de l'œil aura la même valeur V. C'est ce que l'expérience vérifie exactement.

Mais il y a une remarque à faire : dans le premier cas, l'accommodation de l'œil ne produit aucune perturbation dans la valeur de l'image EE′ et par suite de V, à cause de la coïncidence du centre K avec le foyer F_1, tandis que, dans le second, l'accommodation fait varier l'image E_1E_1' car le foyer antérieur de l'œil à l'*état dynamique* ne coïncide plus avec le point F. On devra donc, si l'œil occupe la position 2, avoir bien soin de placer l'échelle mobile *au zéro de la graduation, de façon à empêcher l'œil d'accommoder*. Cette remarque étant faite, nous voyons que l'œil emmétrope peut se placer dans l'une ou dans l'autre position; la valeur de son acuité sera la même dans les deux cas.

Pour mesurer l'amplitude d'accommodation, il faudra avoir soin d'enlever l'œilleton de l'appareil de façon à faire coïncider le point nodal de l'œil avec le foyer de la lentille.

2° *Mesure de l'acuité apparente chez les yeux amétropes.* — Nous rappelons que cette acuité est celle qui est donnée à l'œil par l'interposition du verre correcteur : elle correspond à l'égalité des images rétiniennes dans tous les yeux.

1° *Amétropies axiles.*

Nous allons démontrer que les images rétiniennes des yeux amétropes axiles sont égales à celles de l'emmétrope, lorsque le foyer antérieur de l'œil coïncide avec celui de la lentille optométrique.

Soit un œil myope axile dont le foyer antérieur coïncide avec F, l'épreuve optométrique étant au point le plus éloigné qui donne encore la vision nette des caractères; d'après la théorie même de l'optomètre, le point où se forme l'image d'une des lettres AB est le punctum remotum de l'œil : à ce moment, l'optomètre indique le degré N du verre correcteur.

L'image A′B′ de AB donne dans cet œil une image rétinienne MM′ que nous désignons par i_m. Soit φ' la distance KF, φ la distance KE, ε la différence EM des yeux myope et emmétrope, et l' la distance de A′B′ au foyer F.

On a, dans les triangles semblables KMM′ et A′B′K,

$$\frac{i_m}{\varphi + \varepsilon} = \frac{A'B'}{B'K},$$

ou

$$\frac{i_m}{\varphi + \varepsilon} = \frac{o}{\varphi' + l'}; \quad \text{d'où} \quad i_m = o \cdot \frac{\varphi + \varepsilon}{\varphi' + l'}.$$

Nous avons vu que $\varepsilon = N\varphi\varphi'$, et nous savons que $N = \frac{1}{l'}$. Ce qui donne, en substituant,

$$i_m = \frac{o\ (\varphi + N\varphi\varphi')}{(\varphi' N + 1)\ l'} = o \times \varphi \times \frac{1}{l'}.$$

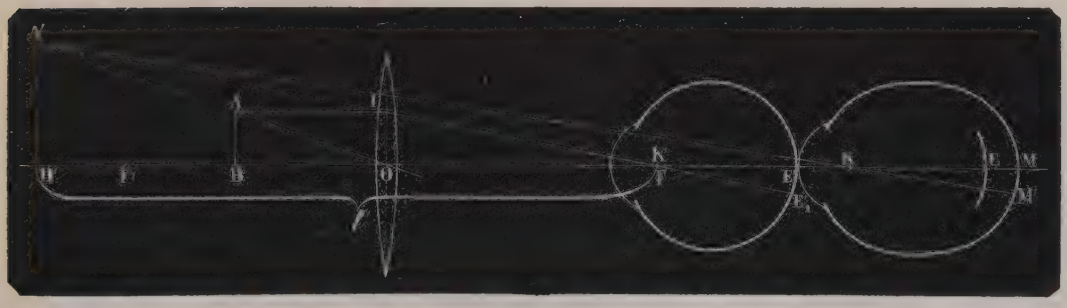


Fig. 16.

Supposons maintenant un œil emmétrope placé de telle façon que son centre optique coïncide avec le foyer, et accommodant convenablement pour voir nettement la même lettre AB de la plaque d'épreuve. L'image rétinienne de A'B' est ici E'E'$_1$. Dans les triangles FE'E'$_1$ et A'B'F, on a

$$\frac{E'E'_1}{FE} = \frac{A'B'}{B'K},$$

ou

$$\frac{i_e}{\varphi} = \frac{o}{l'}, \quad \text{d'où} \quad i_e = o \times \varphi \times \frac{1}{l'}.$$

Par conséquent

$$i_m = i_e.$$

On arrive au même résultat en considérant l'hypermétropie.

Il résulte de cette démonstration que pour obtenir, avec l'optomètre, la mesure de l'acuité identique à celle que donne la méthode ordinaire, à distance et avec le verre correcteur, il faut faire coïncider le foyer antérieur de l'œil avec celui de la lentille de l'optomètre, c'est-à-dire placer l'œil derrière l'œilleton de l'appareil tel qu'il est construit.

2° *Amétropies de courbure.*

Nous avons vu que dans ce genre d'amétropies on doit placer le verre correcteur en contact avec la cornée pour que les images rétiniennes soient égales à celles de l'œil emmétrope. — Nous allons démontrer que pour obtenir, avec l'optomètre, une mesure de l'acuité identique à celle que l'on fait à distance avec le verre correcteur, il faut que l'œil amétrope soit placé de telle façon que le pôle de la cornée coïncide avec le foyer de la lentille de l'optomètre.

1° *Myopie de courbure.* — Supposons un œil emmétrope dont le centre optique coïncide avec le foyer F de la lentille de l'optomètre, et un œil myope dont le pôle de la cornée coïncide avec ce même foyer F. Le rayon réfracté IK, carac-

téristique de l'image d'un objet de grandeur IO, produit l'image EE′ dans l'œil emmétrope. Par rapport à l'œil myope,

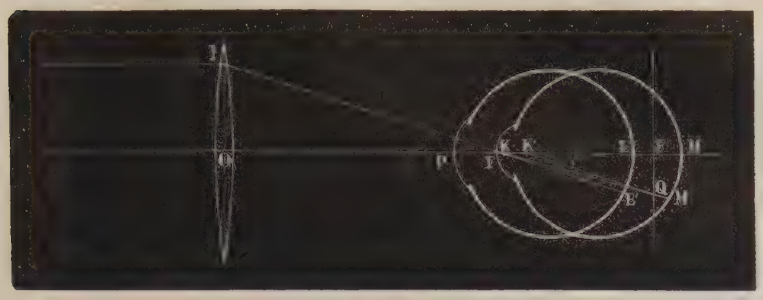


Fig. 17.

ce rayon IK possède un réfracté dont la construction est simple; pour cela, par le centre K′ on mène une parallèle à IE′; elle coupe le plan focal postérieur de l'œil myope en Q: la ligne KQ rencontre la rétine en M′. L'image rétinienne MM′ est ainsi déterminée.

Pour démontrer son égalité avec EE′, considérons les triangles MM′K et F′QK; ils donnent

$$\frac{MM'}{F'Q} = \frac{KM}{KF'},$$

d'où

$$MM' = \frac{F'Q \times KM}{KF'}.$$

Dans le rectangle K′F′Q, on a

$$F'Q = K'F' . \operatorname{tg} \alpha.$$

Si on remarque que KM est la longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil, qui, dans les amétropies de courbure, est la même que celle de l'œil emmétrope, on peut écrire

$$MM' = \frac{K'F'}{KF'} \times e \times \operatorname{tg} \alpha.$$

Le rapport $\frac{K'F'}{KF'}$ est le rapport de la distance focale antérieure

du dioptre, œil réduit, à la distance focale postérieure; il est égal à l'inverse de l'indice de réfaction $\frac{1}{n}$: on a donc

$$MM' = \frac{1}{n} \cdot e.\operatorname{tg} \alpha.$$

L'image rétinienne EE′ a pour valeur, dans le triangle KEE′,

$$EE' = KE \operatorname{tg} \alpha.$$

Or, KE et PE sont les distances focales antérieure et postérieure de l'œil emmétrope; on a

$$\frac{KE}{e} = \frac{1}{n}, \quad \text{d'où} \quad KE = \frac{e}{n},$$

et

$$EE' = \frac{e}{n} \operatorname{tg} \alpha = MM'.$$

2° *Hypermétropie de courbure.* — La même construction et les mêmes calculs amènent au même résultat : HH′ = EE′.

Donc, pour que les images rétiniennes des yeux amétropes de courbure soient égales à celles de l'emmétrope, dans l'optomètre, il faut faire coïncider le plan cornéen de l'œil amétrope avec le plan focal de la lentille de l'appareil.

Par conséquent, il est inexact de dire, comme M. Mergier (1), que cette égalité existe quand « le foyer de la lentille coïncide avec le centre optique de l'œil amétrope ».

Nous ferons remarquer qu'il est beaucoup plus commode de déterminer l'acuité apparente des amétropes de courbure de cette façon, car il est assez difficile de placer le verre correcteur en contact avec la cornée : avec l'optomètre, au contraire, il suffit, après avoir mis la plaque d'épreuve au point qui correspond au degré d'amétropie, de faire placer l'œil à 7 millimètres plus loin que dans le cas où c'est le centre qui coïncide avec le foyer de la lentille.

Comme l'œilleton de l'optomètre n'a pas été construit pour ce cas, nous plaçons à l'orifice du tube, après avoir enlevé

(1) *Ann. d'ocul.*, t. CVIII, p. 351.

l'œilleton, une rondelle de liège ayant 7 millimètres d'épaisseur; de cette façon, l'œil est bien dans les conditions exigées par le calcul.

Mesure de l'acuité vraie des amétropes.

Dans la mesure de l'acuité à distance avec l'interposition du verre correcteur, les images rétiniennes sont égales dans tous les cas : nous avons appelé cette acuité *acuité apparente.*

L'*acuité vraie,* au contraire, est définie non plus par la constance des images rétiniennes, mais bien par la constance de l'angle visuel.

Pour faire la mesure de l'acuité vraie d'un amétrope, il faut que, par un moyen quelconque, les caractères de l'échelle d'acuité envoient des rayons tombant sur l'œil comme s'ils émanaient de son remotum.

On pourrait bien concevoir, dans le cas de la myopie, l'échelle placée au remotum de l'œil : alors, en tenant compte de la distance et de la grandeur des lettres lues, on pourrait mesurer ainsi cette acuité. Mais pour l'hypermétropie, ce moyen est impossible, puisque le remotum est virtuel. Il n'y a donc qu'une méthode de faire cette détermination caractétérisée par l'angle constant, c'est la méthode de l'optomètre.

Si, en effet, on considère un œil amétrope placé de telle façon que son centre optique ou son point nodal *coïncide avec le foyer de la lentille de l'optomètre,* un objet de grandeur donnée sera toujours vu, quel que soit l'œil, sous le même angle, puisque les rayons réfractés par la lentille se comportent de la même manière que si l'objet était accolé à la lentille.

Nous pouvons d'ailleurs démontrer que l'acuité mesurée dans ces conditions correspond bien à l'acuité vraie que nous avons exprimée plus haut (page 91) en fonction de l'acuité apparente.

Amétropies axiles.

1° *Myopie.* — Supposons un œil emmétrope dont le centre optique coïncide avec le foyer de la lentille : cet œil accommodant recevra de l'image A′B′ d'un caractère de l'échelle optométrique dont la position correspond à un degré N de myopie, une image EE′ ayant même grandeur que celle formée par le même objet dans l'œil myope muni de son verre correcteur, ou placé, par rapport à l'optomètre, de façon que son foyer antérieur coïncide avec le foyer de la lentille.

L'acuité apparente de l'œil myope est, dans ces conditions, en désignant par o la grandeur des lettres qui seraient lues par l'œil d'acuité 1 et en supposant que A′B′ est la grandeur des plus petites lettres lues par l'œil considéré,

$$V_a = \frac{o}{A'B'}.$$

Mais lorsque l'œil myope est placé comme l'indique la figure (centre optique en coïncidence avec le foyer de la lentille), la même portion de sa rétine MM′ (= EE′) correspond à un objet plus petit; pour obtenir la grandeur de cet objet, il suffit de joindre M′K qui rencontre le plan passant par A′B′ en A'_1 : A'_1B' est, comme il est facile de le voir, l'image virtuelle de A_1B.

L'acuité de l'œil myope, dans ces nouvelles conditions, est

$$V = \frac{o}{A'_1B'}.$$

Il s'agit de démontrer que la valeur de cette acuité correspond bien à celle de l'acuité vraie.

En effet, le rapport de la seconde à la première acuité est

$$\frac{V}{V_a} = \frac{\dfrac{o}{A'_1B'}}{\dfrac{o}{A'B'}} = \frac{A'B'}{A'_1B'}.$$

Nous avons vu plus haut (page 111) que

$$\frac{i_m}{\varphi + \varepsilon} = \frac{A'B'}{\varphi' + l'}.$$

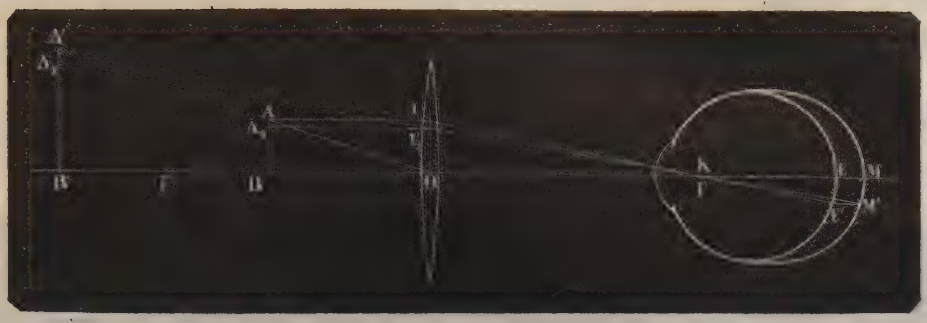


Fig. 18.

Dans les triangles $A'_1B'K$ et $MM'K$, on a

$$\frac{A'_1B'}{B'K} = \frac{MM'}{KM},$$

ou

$$\frac{A'_1B'}{l'} = \frac{i_m}{\varphi + \varepsilon}.$$

En rapprochant cette proportion de la précédente, on a

$$\frac{A'B'}{A'_1B'} = \frac{\varphi' + l'}{l'} = 1 + \frac{1}{l'}\varphi';$$

et puisque $\frac{1}{l'} = N$,

$$\frac{A'B'}{A'_1B'} = 1 + N\varphi'.$$

Or, la distance φ' du centre de l'œil réduit à son foyer antérieur vaut 20 millimètres, ce qui donne

$$\frac{V}{V_a} = 1 + 0{,}02N,$$

d'où

$$V = V_a\,(1 + 0{,}02.N).$$

Cette valeur de V est bien celle que nous avions déjà établie en

fonction de l'acuité apparente; donc, l'acuité de l'œil myope mesurée avec l'optomètre en faisant coïncider le centre de l'œil avec le foyer de la lentille est bien l'*acuité vraie* de cet œil.

2° *Hypermétropie.* — Dans le cas de l'œil hypermétrope qui a un punctum remotum virtuel, la plaque d'épreuve de l'optomètre doit être placée en avant du plan focal antérieur de la lentille, de façon à envoyer sur l'œil un faisceau convergent.

Si l'œil hypermétrope était muni de son verre correcteur, ou

Fig. 19.

s'il était, par rapport à l'optomètre, dans une position telle que son foyer antérieur coïncidât avec le foyer de la lentille, il recevrait sur sa rétine, d'un objet AB de l'échelle optométrique, une image égale à EE′ de l'œil emmétrope. Et son acuité apparente est

$$V_a = \frac{0}{A'B'}.$$

Mais dans le cas de la figure, la même portion HH′ de sa rétine correspond à un objet A'_1B'.

L'acuité de l'œil hypermétrope est alors

$$V = \frac{0}{A'_1B'}.$$

Le rapport de ces deux acuités est

$$\frac{V}{V_a} = \frac{A'B'}{A'_1B'}.$$

En faisant un calcul analogue à celui de l'œil myope, on trouve

$$\frac{A'B'}{A'_1B'} = \frac{l' - \varphi'}{l'} = 1 - \frac{1}{l'} \cdot \varphi',$$

d'où

$$\frac{V}{V_a} = 1 - \frac{1}{l'} \cdot \varphi' = 1 - 0{,}02.N,$$

et

$$V = V_a\,(1 - 0{,}02.N).$$

Cette valeur de V est bien celle qui donne l'*acuité vraie* de l'œil hypermétrope en fonction de son acuité apparente.

Donc, dans l'une ou dans l'autre amétropie, *on déterminera l'acuité vraie de l'œil en faisant coïncider son centre optique avec le foyer de la lentille.* L'appareil permet de produire cette coïncidence; il suffit d'enlever l'œilleton du tube et de faire appliquer l'œil à l'orifice de l'optomètre.

Pour les amétropies de courbure, on arriverait au même résultat.

Modification de la plaque d'épreuve de l'optomètre de M. Badal.

Nous l'avons dit, et nous avons insisté sur ce fait important, l'acuité visuelle physiologique, sous un bon éclairage, est supérieure à l'unité adoptée (angle de 5′).

Les échelles que nous avons fait construire n'ont pas d'autre but que de pouvoir commodément connaître la valeur exacte limite de l'acuité d'un œil.

Il était indispensable d'apporter la même modification dans la plaque d'épreuve de l'optomètre; telle qu'elle est faite actuellement, cette plaque est une reproduction photographique de l'échelle de Snellen, à laquelle M. Badal a juxtaposé des signes de cartes à jouer; mais, la distance ne pouvant pas, dans l'emploi de l'optomètre, être quelconque et variable, on peut tout au plus mesurer l'acuité 1 : on sait ainsi qu'un œil qui lit la dernière ligne a une acuité 1, mais il est impossible de dire la valeur exacte de son acuité.

Aussi avons-nous pensé, dès le commencement de ces recherches, à remplacer, dans la plaque d'épreuve de l'optomètre, la seconde échelle, qui représente des signes de cartes, par une des nôtres, afin d'obtenir dans tous les cas la mesure de toutes les acuités, aussi bonnes qu'elles soient.

Nous avons choisi celle qui est faite d'après le type Snellen, puisqu'elle devait être juxtaposée à l'échelle de Snellen.

La réduction photographique a été faite de la même façon que l'avait fait M. Badal, c'est-à-dire de manière que la grandeur des caractères corresponde à la distance de 0,063.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible d'obtenir une épreuve photographique positive au lieu d'une négative, telle qu'elle est dans l'optomètre de M. Badal et dans les autres, même les plus récents.

L'aspect d'une telle plaque aurait été absolument le même que celui offert par les échelles ordinaires d'acuité. Mais une difficulté matérielle s'est opposée à la réalisation d'un cliché positif. Pour obtenir un positif, il faut, en effet, photographier un négatif obtenu directement; cette seconde opération fait qu'il est impossible d'obtenir la netteté nécessaire. Malgré les plus grands soins apportés par M. Panajou, nous n'avons pu avoir que des lettres diffuses qu'il est impossible de lire au moyen de l'optomètre. L'échelle de Snellen, jusqu'à la dernière ligne, est très bonne; mais notre échelle, formée de caractères très petits, ne peut pas être photographiée en positif. Il nous a donc fallu faire photographier *directement* les échelles d'acuité de façon à empêcher tonte perte de netteté. Le cliché négatif ainsi obtenu permet de mesurer les acuités des meilleurs yeux.

Diagnostic différentiel des amétropies axiles et de courbure.

Pour différencier une amétropie de courbure d'une amétropie axile, le seul moyen que nous ayons à notre disposition, c'est l'emploi de l'ophtalmomètre de Helmholtz. Cet appareil permet, en effet, de mesurer le rayon de courbure de la cor-

née, qui est, en moyenne, de 8 millimètres chez l'emmétrope; il faut, par conséquent, effectuer une mesure extrêmement délicate pour arriver à diagnostiquer tel ou tel genre d'amétropie. Ce procédé n'est pas un procédé clinique; de plus, on n'a pas l'ophtalmomètre de Helmholtz toujours à sa disposition...

L'étude que nous venons de faire de l'acuité vraie et de l'acuité apparente des amétropes va nous conduire à une méthode simple, et par conséquent clinique, permettant de faire le diagnostic différentiel des deux catégories d'amétropies. Si on se reporte aux courbes précédentes qui indiquent, pour une même valeur de l'acuité vraie, les variations de l'acuité apparente avec des degrés de plus en plus élevés d'amétropie, on constate que, dans le cas de la myopie, l'acuité apparente est beaucoup plus faible, toutes choses égales d'ailleurs, pour la myopie de courbure que pour la myopie axile. Dans le cas de l'hypermétropie, au contraire, l'acuité apparente est beaucoup plus élevée pour l'hypermétropie de courbure que pour l'hypermétropie axile. C'est sur cette remarque qu'est basée la méthode dont nous allons exposer la règle pratique :

1° *Myopie.* — Étant donné un œil myope de degré connu, on détermine son acuité vraie à l'aide de l'optomètre (coïncidence du point nodal de l'œil avec le foyer de la lentille); on note cette valeur. Puis on remet l'œilleton à l'optomètre, et on détermine de nouveau l'acuité de l'œil. Si l'*acuité a peu diminué,* l'œil lisant à peu près les mêmes caractères, l'œil est atteint de *myopie axile.* Si, au contraire, l'acuité de l'œil a *diminué d'une manière sensible,* l'œil est atteint de *myopie de courbure.*

2° *Hypermétropie.* — Étant donné le degré d'hypermétropie d'un œil, on place, comme dans le cas précédent, la plaque d'épreuve de l'optomètre au point correspondant à ce degré, et on détermine l'acuité vraie de l'œil (on enlève l'œilleton de l'optomètre). On note cette valeur de V; on replace l'œilleton,

et on détermine une seconde fois l'acuité. Si l'œil lit à peu près les mêmes lettres, *si son acuité a peu varié, l'hypermétropie est axile*. Si, au contraire, l'acuité de l'œil *a sensiblement augmenté, l'hypermétropie est de courbure.*

Pour que cette méthode soit sensible, il faudrait pouvoir apprécier des différences d'acuité ne dépassant pas $\frac{1}{10}$; et pour cela, il faudrait qu'au lieu d'une échelle Snellen, qui passe trop brusquement d'une ligne à la suivante, la plaque d'épreuve de l'optomètre portât notre échelle décimale.

Nous sommes persuadé que si les ophtalmologistes notaient le nombre des amétropies axiles et des amétropies de courbure, diagnostiquées par la méthode que nous venons d'indiquer, ils trouveraient que les amétropies de courbure sont beaucoup moins rares qu'on ne l'admet actuellement. On sait, en effet, combien l'astigmatisme est fréquent. Or, l'astigmatisme, le plus souvent, est le résultat d'une irrégularité de la courbure cornéenne. Si la perturbation de courbure porte également sur tous les méridiens, on aura un astigmatisme particulier qui ne sera pas autre chose qu'une amétropie *sphérique de courbure*. Nous pensons donc que les amétropies de courbure, qui ne sont, en somme, qu'un cas particulier de l'astigmatisme, doivent aussi se rencontrer assez fréquemment. C'est la constatation que permettra facilement la méthode que nous avons imaginée.

VIII

Variation de l'acuité visuelle avec l'éclairement [1].

Tout le monde sait que la clarté est indispensable à la vision et que notre œil a beaucoup de peine à reconnaître la forme des objets dont l'éclairement est insuffisant; ainsi, lorsqu'on lit le soir, on est obligé de rapprocher beaucoup le livre des yeux, et à mesure que la nuit approche, il arrive un moment où on ne distingue plus rien.

C'est assurément l'éclairement qui a le plus d'influence sur la variation de l'acuité visuelle, comme nous l'avons indiqué déjà. Aussi cette influence mérite-t-elle d'être étudiée d'une façon particulièrement soigneuse.

En commençant ce chapitre, nous devons donner un aperçu d'une loi relative à la sensibilité de notre œil pour des variations d'éclairement, ou loi psycho-physique de Fechner.

Prenons, comme l'indique Helmholtz [2], un cliché photographique représentant des ombres très délicates et d'autres

---

[1] La plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question emploient le mot *éclairage* pour désigner la quantité de lumière reçue par les objets-types servant à mesurer l'acuité. Ce mot est impropre dans ce cas : en effet, l'éclat qu'acquiert une surface plane sous une intensité lumineuse donnée constitue, non pas l'éclairage, mais *l'éclairement* de cette surface. En physique, on appelle éclairement la quantité de lumière reçue par l'unité de surface; si l'intensité lumineuse de la source est I, les rayons tombant sous l'angle α, et la distance étant d, on a

$$e = \frac{I \cos \alpha}{d^2}.$$

Nous pensons qu'il est utile de réserver le mot éclairage pour désigner le système éclairant. On dira, par exemple, l'éclairage d'une bougie, l'éclairage d'une lampe, l'éclairage du grand jour, etc.

Dans ce chapitre, nous distinguerons toujours ces deux mots, qui ne doivent pas être employés l'un pour l'autre : éclairement et éclairage.

[2] Helmholtz, *Optiq. physiol.*, p. 412.

plus foncées ; plaçons ce cliché devant un fond clair dont on augmente peu à peu l'éclairement : pour une faible intensité du fond, on ne remarque pas les ombres les plus délicates ; elles deviennent visibles pour une intensité plus grande, puis, l'intensité augmentant toujours, elles finissent par disparaître de nouveau. Plus l'ombre est prononcée sur le dessin, moins il faut de lumière pour la rendre visible, et plus il en faut pour la faire disparaître. Il doit donc exister certains degrés moyens d'éclairement où l'œil est plus sensible pour reconnaître si l'intensité a varié d'une petite fraction de sa valeur : ce sont les degrés d'intensité que nous employons ordinairement pour lire, écrire, travailler, degrés agréables et commodes pour notre œil et qui s'étendent depuis la clarté à laquelle nous pouvons lire sans difficulté jusqu'à celle d'une surface blanche frappée directement par les rayons solaires. Dans l'intervalle de ces limites, la grandeur de la sensibilité serait, d'après Helmholtz, à peu près constante, de même qu'en général la valeur d'une fonction algébrique variable d'une manière continue varie relativement peu aux environs du maximum.

Les mensurations photométriques donnent le même résultat, avec plus d'exactitude. C'est sur ces mensurations que s'est appuyé Fechner pour énoncer sa *loi psycho-physique,* d'après laquelle, dans des limites très étendues, les plus petites différences perceptibles de la sensation lumineuse sont des fractions constantes de l'intensité. Cette loi serait générale et s'appliquerait aussi à d'autres genres de sensations. Ainsi, des différences dans la hauteur des sons nous paraissent égales lorsque les différences des durées de vibration sont exprimées par une même fraction de la durée de vibration totale. D'après les recherches de Weber, il en est de même de notre faculté de reconnaître des différences de poids et de grandeurs linéaires.

Cependant, la loi de Fechner, relativement à la sensation lumineuse, paraît ne pas s'appliquer avec une grande rigueur. Ainsi, Bouguer a trouvé, pour la valeur la plus petite du rapport perceptible, 1/64 de l'intensité lumineuse totale. Volkmann a

fixé ce rapport comme étant égal à 1/100; Arago, à 1/131. Masson, en employant des disques rotatifs blancs avec de petits secteurs noirs, trouva que « des yeux faibles (?) ne pouvaient reconnaître parfois que des différences de 1/50, tandis qu'avec une bonne vue on peut quelquefois reconnaître des différences plus petites que 1/120. »

Aubert (1) a démontré que non seulement le rapport indiqué comme constant par Fechner ne l'est pas, mais encore que, pour une même personne, ce rapport n'a pas toujours la même valeur.

Fechner cherche à expliquer pourquoi cette loi du degré de sensibilité n'est pas exacte pour des intensités très petites ou très grandes, en attribuant cet écart aux perturbations qu'apportent certaines circonstances accessoires. Ainsi, lorsque l'éclairement est très faible, l'influence de la lumière subjective de l'œil doit se faire sentir; à côté de l'excitation produite par la lumière extérieure, il y a toujours une excitation par des causes internes. Quant à l'inexactitude de la loi vers la limite supérieure de l'intensité, Fechner l'attribue à la fatigue de l'organe. Les modifications internes du nerf qui doivent transmettre l'excitation au cerveau ne peuvent pas dépasser une certaine mesure sans modifier cet organe.

Malgré ces circonstances qui altèrent l'exactitude de la loi de Fechner non seulement vers les limites supérieure et inférieure, mais aussi pour les degrés moyens d'intensité, on peut, avec Helmholtz, conserver et admettre cette loi comme donnant une certaine approximation.

La question de l'influence de l'éclairement sur la valeur de l'acuité visuelle a été étudiée par un assez grand nombre d'expérimentateurs qui ont fait d'importants travaux que nous allons essayer de présenter au lecteur sous une forme aussi intéressante que possible.

Tobias Mayer, en 1754 (2), a fait des expériences relatives à l'influence de l'éclairement sur l'acuité visuelle. Il a trouvé qu'on reconnaît le mieux des systèmes de lignes à la clarté d'un

(1) De Wecker et Landolt, *Traité d'ophtalm.*, t. I, p. 523.
(2) Helmholtz, *Opt. physiol.*, p, 294.

beau jour, et qu'une augmentation de l'éclairement ne sert à rien. Quant aux éclairements moins intenses, il les obtenait la nuit, en mettant une lumière à différentes distances du papier. Plus la lumière était loin, plus il lui fallait se rapprocher.

En faisant varier l'intensité lumineuse entre 1/16 et 1, il obtint le tableau suivant (1) :

INTENSITÉ LUMINEUSE.	ACUITÉ VISUELLE.
1	1,00
$\frac{1}{4}$	0,78
$\frac{1}{8}$	0,70
$\frac{1}{16}$	0,63

En réalité, Mayer mesurait l'angle visuel au moyen de lignes blanches à intervalles égaux, et il trouva que cet angle variait de 138 à 344 secondes, lorsque la distance de la lumière variait entre 1/2 pied et 13 pieds.

Il posa la formule empirique $\alpha = 158'' \sqrt[3]{a}$, où α désigne l'angle visuel et a la distance de la lumière. En appelant i l'intensité lumineuse, on en déduit, puisque $i = \frac{1}{a^2}$,

$$\alpha = \frac{158''}{\sqrt[6]{i}}.$$

Posch a établi la loi suivante : l'acuité visuelle croît un peu plus vite que le logarithme de l'intensité lumineuse. Les nombres qu'il trouve, pour les mêmes valeurs de l'intensité lumineuse, sont plus petits que ceux de Mayer.

Klein, en 1872, a publié un travail très intéressant (2) qui mérite d'être cité avec quelques détails.

L'appareil dont Klein s'est servi pour mesurer l'éclairement est un photomètre de Bunsen modifié. C'est une lanterne ordinaire dont toutes les parois sont opaques, excepté une qui est ouverte et présente trois rainures dans lesquelles on peut glisser

(1) *Rev. gén. d'ophtal.*, t. III, p. 201.

(2) Klein (N.-Th.), *De l'influence de l'éclairage sur l'acuité visuelle*, thèse de Paris, 1872.

autant de lames de verre entourées de papier mince. Pour remplacer la tache du photomètre de Bunsen, on a découpé sur une des feuilles de papier recouvrant chaque verre un carré de plus en plus grand, de telle sorte que le carré le plus petit, placé le plus près de la bougie intérieure, pouvait être vu par transparence à travers les deux autres. Si la lumière à mesurer est très faible, on place 2 et même 3 carreaux, de façon à affaiblir la bougie intérieure.

L'unité d'intensité lumineuse adoptée par Klein est celle d'une bougie anglaise placée à un mètre de la surface éclairée. C'est, comme on le verra plus loin, la même unité que celle utilisée par Cohn, de Breslau.

L'éclairage maximum employé par Klein n'a jamais dépassé 10,000 bougies. — L'acuité est sensiblement augmentée, quand on substitue à cet éclairage artificiel celui du soleil de juillet-août et évalué par cet auteur à 200,000 bougies.

Les expériences de Klein ont porté sur des yeux emmétropes, myopes, strabiques et astigmates. Nous ne parlerons que de celles relatives aux deux premières catégories.

Pour représenter la variation de l'acuité avec l'éclairement, l'auteur a construit des courbes dont il s'est efforcé de multiplier les tracés : ce qui ne fait que rendre la lecture de ses recherches plus obscure et plus pénible. Ainsi, il représente sur la ligne des abscisses tantôt les intensités lumineuses en bougies, tantôt en centaines de bougies; dans le 3e graphique, ce sont les racines carrées des intensités; enfin dans le 4e ce sont les racines cubiques de ces intensités. Quoi qu'il en soit, voici quelques résultats :

Expérience faite sur l'œil emmétrope avec le n° 2 de Snellen (en pieds).

Dans cette échelle, l'acuité 1 exige une distance de 65 centimètres.

Éclairements.....	0,4	0,4	1	5	20	50	100	500	1.000	10.000
Distances de l'œil à l'échelle.	39	47	57	73	88	93	103	107	113	114

On voit que l'acuité 1 est obtenue au moyen d'un éclairement

compris entre 1 et 5 bougies. L'acuité 2, correspondant à 1m30, est loin d'être obtenue avec l'éclairement de 10,000 bougies.

N° 3 de Snellen.

L'acuité 1 exige une distance de l'œil à l'échelle de 97 centimètres.

Éclairements....	0,4	0,5	1	5	20	100	500	1,000	10.000
Distances de l'œil.	57	62	81	100	114	138	143	146	148

L'acuité 1 correspond à l'éclairement compris entre 1 et 5 bougies : l'éclairement maximum de 10,000 bougies ne donne même pas le double de l'acuité 1.

Nous trouvons que l'auteur aurait bien dû indiquer en face des différentes valeurs de l'éclairement, non pas les distances de l'œil, mais l'acuité correspondante : les résultats auraient été plus faciles à saisir.

Comme ces expériences l'indiquent, l'acuité visuelle croît très vite avec les éclairements faibles ; à partir de 5 bougies, elle augmente très lentement pendant que l'éclairement croît de 5 à 10,000 bougies.

Dans le cas des yeux myopes, cet auteur, avec le n° 1 de Snellen qui donne l'acuité 1 à 30 centimètres, a obtenu pour une myopie de 4 dioptries et à l'œil nu :

Éclairements.....	0,4	0,5	1	5	20	100	500	1650
Distances de l'œil..	14	15	24	39	47	50	51	51

L'œil myope a eu l'acuité 1 pour l'éclairement compris entre 1 et 5 bougies, comme dans le cas de l'emmétropie ; l'augmentation de V pour les forts éclairements est moins marquée, au contraire, qu'avec l'œil emmétrope.

Klein conclut que l'éclairement donnant à un œil normal l'acuité 1 ne doit pas dépasser 5 bougies, mais que cet éclairement est trop faible, dans la plupart des cas, pour mesurer l'acuité. Il conseille de ne pas dépasser l'éclairement 100, et il propose comme éclairement uniforme pour la recherche de V la clarté produite par 20-25 bougies.

Nous devons faire quelques observations relatives aux expé-

riences de Klein. Ainsi cet auteur s'est servi d'échelles formées par des morceaux de lecture, et nous savons que les mesures faites de cette façon ne sont pas comparables à celles faites à distance avec des lettres isolées. De plus, il a déterminé l'acuité pour de faibles distances, en sorte que les valeurs indiquées par ses expériences ne peuvent pas se rapporter à la détermination de V, faites à la distance ordinaire 5-6 mètres. Cependant, on doit retenir ce résultat très intéressant, à savoir que l'acuité croît d'abord très rapidement avec des variations faibles de l'éclairement, pour augmenter ensuite très lentement.

Un ophtalmologiste de Bordeaux, M. Sous (1), est un de ceux qui se sont occupés, après Klein, de la question que nous traitons. Il s'est servi pour ses recherches de l'optomètre de Badal; il mesurait son acuité visuelle en plaçant une lampe devant cet optomètre et en faisant varier sa distance à l'appareil. Il a ainsi trouvé les chiffres suivants :

INTENSITÉ LUMINEUSE.			ACUITÉ VISUELLE.	
$\frac{1}{2^6}$	ou $\frac{1}{64}$	.....	$\frac{1}{6}$	ou $\frac{1}{6}$
$\frac{1}{2^5}$	$\frac{1}{32}$	.....	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{6}$
$\frac{1}{2^4}$	$\frac{1}{16}$	.....	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{6}$
$\frac{1}{2^3}$	$\frac{1}{8}$	.....	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{6}$
$\frac{1}{2^2}$	$\frac{1}{4}$	.....	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{6}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	.....	1	$\frac{6}{6}$

Ce tableau montre que l'acuité visuelle diminue avec l'intensité lumineuse, que cette diminution a lieu de la façon suivante : pendant que l'intensité de la lumière suit une progression géométrique dont la raison est $\frac{1}{2}$, l'acuité visuelle varie en progression arithmétique dont la raison est $-\frac{1}{6}$.

Si on trace une courbe avec les nombres trouvés par M. Sous,

(1) G. Sous, *Traité d'optique*, 1879, p. 51.

on constate qu'elle présente une allure à peu près semblable à celle construite par Klein; c'est-à-dire que l'acuité va, pour les faibles éclairements, en croissant beaucoup plus vite que l'éclairement. D'après la définition même des logarithmes, chaque valeur de l'acuité visuelle est le logarithme de l'éclairement correspondant. On peut donc dire d'après les résultats de M. Sous que l'acuité visuelle varie proportionnellement au logarithme de l'éclairement. Ce résultat, pris sous cette forme, est très voisin de celui indiqué par Posch.

Macé de Lépinay et W. Nicati (1), en 1882, ont fait des recherches à un point de vue autre que celui où Klein s'était placé. Ces auteurs se sont demandé comment varie, pour chaque radiation simple du spectre, la valeur de l'acuité visuelle avec l'intensité lumineuse objective.

Nous rappelons l'énoncé du phénomène de Purkinje, dont il va être question dans ce qui suit : « L'intensité de la sensation est une fonction de l'intensité lumineuse qui diffère suivant l'espèce de lumière. » — L'intensité de la sensation croît plus lentement et décroît plus lentement pour le bleu que pour le rouge, pour une même variation de l'intensité lumineuse objective.

Macé de Lépinay et Nicati ont mesuré l'acuité visuelle de la façon indiquée page 72. Voici quelques-uns de leurs résultats.

Si on représente par 100 la quantité de lumière jaune nécessaire pour obtenir la valeur V = 0,33 de l'acuité visuelle d'un œil, V devient, pour une quantité de lumière égale à 200,

$$V = 0{,}33 + 0{,}067 = 0{,}397.$$

En variant les expériences, ils ont obtenu, pour la lumière jaune, le tableau suivant :

INTENSITÉ LUMINEUSE.	ACUITÉS VISUELLES.
25	0,18
50	0,25
100	0,33
200	0,397
400	0,452
800	0,496

(1) *Journ. de phys.*, 1882, p. 33.

Ils ont refait les mêmes mesures, avec les radiations suivantes du spectre ayant pour longueurs d'onde

rouge,	0$^{\mu}$507
jaune,	0 497
vert,	0 458
bleu,	0 442
violet,	0 428

et ils ont pu établir les lois :

1° La relation qui existe entre l'acuité visuelle et l'intensité lumineuse objective est identique pour toutes les radiations moins réfrangibles que celle de longueur d'onde 0μ 507, c'est-à-dire que le phénomène de Purkinje ne se produit pas pour les radiations moins réfrangibles que celle $\lambda = 0^{\mu}507$.

2° L'acuité visuelle croît plus lentement et décroît plus lentement pour le bleu que pour les radiations moins réfrangibles pour une même variation de l'intensité lumineuse objective, et cette différence est d'autant plus accentuée que l'on considère une radiation plus réfrangible à partir du vert.

Cette 2e loi se déduit de l'examen du tableau suivant :

ACUITÉS VISUELLES.	INTENSITÉS LUMINEUSES OBJECTIVES.				
	rouge	jaune	vert	bleu	violet
0,47	500	818	»	»	»
0,42	267	371	548	651	»
0,33	100	100	100	100	100
0,26	48	38	22	21	18
0,22	3	323	13	12	10

Comme le font remarquer les auteurs eux-mêmes, cette loi est identique, au fond, à l'énoncé du phénomène de Purkinje.

Macé de Lépinay et Nicati ont trouvé que la sensation produite par une source de lumière blanche varie avec son intensité, depuis le blanc jaunâtre (vive lumière solaire) jusqu'au blanc bleuâtre (lumière de la lune). Ces auteurs expriment cette conséquence du phénomène de Purkinje, en altérant un proverbe bien connu : « La nuit, tous les chats sont... bleus. »

Dans un autre travail (1), les mêmes expérimentateurs ont étudié la comparaison des différentes parties d'un même spectre en utilisant la variation de l'acuité dans les diverses régions spectrales.

Ils appellent *coefficient d'égale acuité* relatif à une région quelconque du spectre le nombre qui exprime dans quelles proportions il faut faire varier la quantité de lumière blanche pour obtenir en cette région la même acuité que celle obtenue dans la partie la plus intense du spectre.

Les coefficients analogues déduits de l'observation de la clarté des surfaces, ils les appellent *coefficients d'égale clarté.*

Nous avons dit que Posch et Sous avaient constaté que l'acuité visuelle varie comme le logarithme de l'intensité lumineuse objective. Macé de Lépinay et Nicati ont trouvé une confirmation complète de cette loi dans le cas des radiations jaunes, et une confirmation assez approximative pour les radiations bleues. Ils ont établi une relation entre les quantités q de lumière jaune et q' de lumière bleue qui donnent des acuités visuelles égales. On a

$$V - 0{,}33 = 0{,}2118 \log. q = 0{,}2118 \, B. \log q',$$

d'où

$$\log q = B \log q'.$$

Les valeurs des coefficients d'égale acuité et d'égale clarté obtenues par ces deux habiles expérimentateurs dans les mêmes conditions de clarté du jaune spectral, permettent de partager le spectre en deux régions limitées très sensiblement à la radiation à partir de laquelle le phénomène de Purkinje devient sensible ($\lambda = 517$). Dans la partie la moins réfrangible jusqu'en ce point, les coefficients d'égale acuité et d'égale clarté sont très voisins. Enfin, dans la partie la plus réfrangible ($\lambda < 0{,}517$), le rapport des deux coefficients augmente brusquement et avec une très grande rapidité lorsque la longueur d'onde diminue.

---

(1) *Journ. de phys.*, 1883, p. 64.

En d'autres termes, si l'on éclaire une même page imprimée successivement avec des quantités de lumière jaune et bleue de même clarté, il pourra se faire que l'œil puisse la lire avec facilité dans le premier cas, et qu'elle soit complètement illisible dans le second.

Ces mêmes inégalités entre les deux coefficients dans la moitié la plus réfrangible du spectre deviendraient énormes si l'on considérait ce qui se passe pour les degrés usuels d'éclairage. Les auteurs entendent par là les intensités d'éclairage qui permettent de lire facilement et sans fatigue; celle, par exemple, qui correspond à l'étalon Carcel, placé à 1 mètre de distance.

Ils arrivent finalement à la conclusion suivante : La distinction nette des objets est due presque exclusivement à l'éclairement produit par la moitié la moins réfrangible du spectre normal. Or, c'est pour cette moitié la moins réfrangible que la dispersion par les milieux réfringents est la moins sensible pour une même différence de longueur d'onde.

Des recherches de ce genre ont été faites en 1890 par Uthoff (1); il a étudié l'influence sur l'acuité visuelle de l'éclairement des radiations de différentes longueurs d'onde, et la valeur de l'acuité visuelle dans les différentes parties du spectre pour la même étendue de la fente éclairante.

Il constate, sur les courbes qu'il a construites, que l'acuité augmente, avec un éclairement croissant, d'abord rapidement, puis (une certaine intensité atteinte) les courbes s'inclinent assez brusquement, pour ne plus s'élever que très peu. L'acuité visuelle n'augmente donc que très peu à partir d'un certain degré d'éclairement. C'est une confirmation des résultats de Klein. L'acuité atteint son maximum dans le jaune.

Uthoff a, lui aussi, vérifié le phénomène de Purkinje.

Quant à l'acuité visuelle dans les différentes parties du spectre, il a constaté que le maximum de l'acuité visuelle se

---

(1) *Rev. gén. d'ophtal.*, 1890, p. 294.

trouve dans le jaune : ce résultat pouvait être prévu, car on sait que c'est dans cette région que se trouve le maximum d'intensité lumineuse.

Uthoff a trouvé encore que pour les daltonistes, la courbe est presque conforme à celle des yeux normaux, tandis que pour les anérythropes, le maximum d'acuité visuelle est quelque peu déplacé du côté du vert du spectre.

En 1884, le prof. Charpentier (1) a publié les résultats d'expériences relatives à l'influence de l'éclairement sur l'acuité. Il n'a étudié les variations de V que pour des éclairements faibles, les seuls, d'après Klein, qui influent beaucoup sur l'acuité visuelle.

Il prend pour unité l'acuité visuelle à la clarté d'un jour calme dans une salle suffisamment éclairée.

Dans une première série d'expériences, M. Charpentier diminue l'éclairement en faisant tourner devant l'œil des disques à secteurs alternativement opaques et transparents. L'affaiblissement d'éclairement a été mesuré par la loi de Plateau (rapport entre l'étendue angulaire de la partie opaque à celle de la totalité du disque). M. Charpentier a pu ainsi produire, suivant la vitesse, des variations d'éclairement depuis $\frac{1}{36}$ jusqu'à $\frac{1}{3}$ de l'éclairement ambiant.

Pour évaluer l'acuité, il déterminait la plus grande distance à laquelle l'œil distinguait nettement les uns des autres plusieurs carrés noirs sur fond blanc. Il compare ensuite la distance maxima correspondant à l'éclairage unité ($3^m,30$) à celle qui correspond aux éclairages réduits.

M. Charpentier a constaté que l'acuité visuelle diminue de plus en plus vite à mesure que l'éclairement s'affaiblit. La marche des variations présente une courbe à point d'inflexion que l'auteur attribue à un rétrécissement de la pupille pour une certaine distance.

Dans une deuxième série d'expériences, M. Charpentier

---

(1) *Ann. d'ocul.*, t. XCII, p. 56.

diminue méthodiquement l'éclairement en se servant de son photoptomètre différentiel (1) qui permet de graduer l'intensité lumineuse; la partie postérieure était éclairée par une lampe Carcel. Les résultats trouvés par ce moyen sont très analogues aux précédents.

Kolbe (2) s'est occupé de la variation de l'acuité avec la différence de clarté entre les objets et le fond. Il a constaté que l'acuité n'augmente pas proportionnellement, qu'elle augmente d'abord considérablement, puis très peu, et enfin de nouveau considérablement.

Si la différence de clarté entre les lettres et le fond est très grande, les lettres de couleur ne sont pas distinguées à une plus grande distance que les lettres de couleur grise de même intensité. Si la différence de la clarté est petite, la couleur des lettres rend leur distinction plus facile : à un éclairage faible (du jour) les lettres noires sur fond très blanc sont distinguées à une distance beaucoup plus grande que sur un fond un peu moins clair; mais à un fort éclairage de jour, cette différence est moins prononcée.

Un autre résultat intéressant des recherches de Kolbe est relatif à la couleur du fond : si cette couleur n'est pas très intense, elle n'a en apparence aucune influence sensible sur l'acuité visuelle. Le papier de couleur fatigue l'œil d'autant plus que l'action complémentaire que produit cette couleur est plus intense. Ainsi, le fond rouge ou vert fatigue plus l'œil que le fond bleu ou jaune, et ces derniers plus que le fond gris ou blanc de même intensité. Comme conséquence pratique de ces recherches, l'auteur propose le papier blanc pour imprimer les livres.

Uhthoff (3) n'est pas de cet avis : il a constaté, en effet, qu'en augmentant insensiblement l'éclairement, l'acuité visuelle est, avec les objets jaunes, aussi bonne et même meilleure qu'avec

(1) *Arch. d'ophtalm.*, 1882, p. 418.
(2) *Rev. gén. d'ophtalm.*, 1885, p. 440.
(3) *Ann. d'ocul.*, t. XCVI, p. 165.

des objets blancs. D'après lui, on aurait raison de remplacer le papier blanc par du jaune. Une autre conséquence des expériences d'Uthoff, c'est qu'il n'y aurait pas de grands inconvénients à se servir d'une échelle d'acuité dont le fond aurait été jauni par le temps.

Des expériences sur la variation de l'acuité à la lumière du jour mesurée au photomètre ont été faites par H. Cohn, de Breslau (1).

En mesurant l'acuité sur cinquante yeux d'enfants qui avaient une bonne acuité, et en faisant varier l'éclairement, il a obtenu les résultats suivants :

INTENSITÉ LUMINEUSE	ACUITÉ VISUELLE
$\frac{1}{1}$	1,00
$\frac{1}{4}$	0,93
$\frac{1}{8}$	0,89
$\frac{1}{16}$	0,84

Ces valeurs de l'acuité sont beaucoup plus grandes que celles trouvées par les autres expérimentateurs, ce qui tient probablement à ce que ceux-ci opéraient avec un éclairage artificiel, tandis que Cohn se servait de la lumière naturelle du jour. Les valeurs des intensités peuvent, dans ces conditions, ne pas se correspondre exactement.

Il a utilisé le photomètre de Weber (*Wiedmann Annalen*, 1883) qui permet de mesurer en quelques secondes le degré de l'éclairement. L'unité d'intensité lumineuse adoptée par Cohn est le mètre-bougie. Il a trouvé que la clarté produite par un ciel bleu est inférieure à celle des nuages gris clair; dans le premier cas, il indique comme clarté moyenne 80 M.B; dans le second, 170 M.B. — D'après lui, la mesure de l'acuité n'aurait de valeur que si on mesurait en même temps l'éclairement. — Nous ferons remarquer que cette mesure simultanée

(1) *Ann. d'ocul.*, t. XCVII, p. 84.

de l'éclairement est importante, et même indispensable, quand on détermine l'acuité avec un éclairement faible, semblable à celui d'une salle mal éclairée. Mais lorsqu'on détermine l'acuité à la lumière du grand jour, comme on doit le faire, il s'agit toujours d'un éclairement intense, et nous avons vu que Klein, puis Charpentier ont trouvé que l'acuité variait peu pour les forts éclairements ; la double mesure qu'indique Cohn ne nous paraît donc pas, dans ces conditions, si importante qu'il le dit.

Voici, du reste, une observation intéressante qui vient à l'appui de notre thèse. Talko (1) a étudié l'acuité visuelle pendant une éclipse totale de soleil, et il a constaté que, malgré une diminution apparente de la lumière, V ne s'était pas modifié une demi-heure après l'obscurcissement, qui a duré deux heures. L'acuité n'a baissé qu'au bout de quarante minutes, pour se réduire, au moment de l'éclipse totale du soleil, de 2 fois 1/2 sa valeur, c'est-à-dire de $\frac{5}{4}$ à $\frac{1}{2}$. Au moment de la réapparition des premiers rayons solaires, l'acuité augmenta si rapidement qu'en cinq minutes elle était redevenue normale.

(1) *Ann. d'ocul.*, t. CII, p. 251.

IX

Variation de l'acuité visuelle avec le diamètre de la pupille.

On sait depuis longtemps que la pupille exerce une influence considérable sur l'acuité visuelle, provenant de ce qu'elle tient sous sa dépendance la grandeur des cercles de diffusion.

Or, ni dans les traités de physique médicale, ni dans ceux d'ophtalmologie, on ne trouve ce sujet traité ; à peine si quelques lignes lui sont consacrées. Nous n'avons pu trouver, dans nos recherches bibliographiques, qu'une étude théorique sur cette question, due à M. Badal (1), et qu'une étude expérimentale, due à Klein (2).

L'influence exercée par le diamètre de la pupille sur la netteté de la vision se conçoit aisément.

En effet, l'œil le plus parfait n'est pas exempt d'aberrations de sphéricité et de réfrangibilité ; il en résulte qu'un point lumineux, malgré une mise au point de l'appareil dioptrique oculaire aussi exacte que possible pour la distance à laquelle se trouve placé ce point, ne se peint jamais sur la rétine par un point mathématique, mais bien par une infinité de petits cercles de diffusion dont le diamètre croît avec la largeur de la pupille.

Chacun sait cependant que, dans les conditions ordinaires de la vision, un œil exactement accommodé n'éprouve aucune gêne de ces sortes d'aberrations ; en d'autres termes, comme le dit très justement M. Badal, nous ne voyons pas les cercles de diffusion par aberration de sphéricité ou de réfrangibilité,

(1) *Mémoires de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, 1882, 2e s., t. IV.
(2) Th. Paris, 18 2.

tandis que nous voyons parfaitement les cercles de diffusion par défaut de mise au point. Mais il ne faudrait pas en conclure que les premiers n'abaissent pas la valeur de l'acuité visuelle.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, l'acuité visuelle d'un œil est l'inverse de l'angle le plus petit sous lequel cet œil peut encore reconnaître la forme d'objets donnés; et en pratique, on utilise les traits des lettres majuscules constituant les échelles d'acuité.

Si l'œil, que nous supposons emmétrope ou rendu tel par un verre convenable, est exactement accommodé pour la distance à laquelle se trouve l'échelle, chaque trait d'une lettre donnera sur la rétine une image parfaitement nette.

Si, au contraire, l'œil n'est pas exactement accommodé, les images rétiniennes ne seront plus nettes, parce qu'elles s'entourent de cercles de diffusion.

Les plus nuisibles des cercles de diffusion, au point de vue de la faculté de distinguer l'une de l'autre deux images voisines, sont évidemment ceux qui sont à la périphérie des images. Tant que ces cercles resteront plus petits que la largeur des images, l'élément rétinien sensible intermédiaire à ces images sera moins éclairé que les éléments voisins : l'œil aura encore une sensation lumineuse distincte. Mais à partir du moment où les cercles de diffusion se touchent, les impressions se confondent. On peut donc dire avec M. Badal :

« Pour qu'une série d'objets d'épreuve puissent être distingués les uns des autres, il faut que le diamètre des cercles de diffusion soit moindre que la largeur des images rétiniennes. »

Pour pouvoir étudier l'influence du diamètre de la pupille sur la netteté des images, il faut trouver des relations entre la grandeur des cercles de diffusion et celle des images rétiniennes.

Les calculs que nous allons rapporter sont dus à M. Badal, ainsi que, du reste, toute la partie théorique relative à la question que nous étudions en ce moment.

1° Grandeur des cercles de diffusion provenant d'un point lumineux dans un œil emmétrope.

Appelons l la distance du point lumineux au foyer antérieur F de l'œil ;

Appelons l' la distance de l'image du point A au foyer postérieur F'.

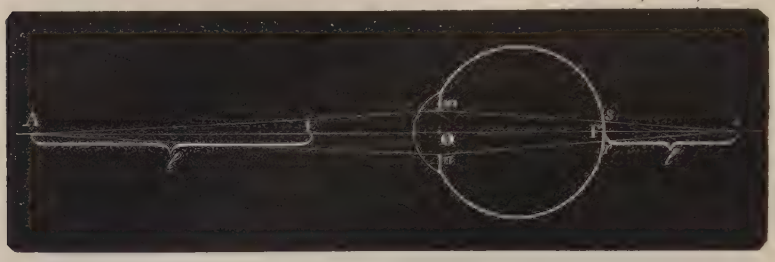


Fig. 20.

D = la distance OF' du centre de la pupille au foyer F' ;
C = le diamètre rs du cercle de diffusion ;
P = le diamètre de la pupille mn.

Les rayons lumineux qui, après avoir été réfractés par la cornée, se trouvent tangents à la circonférence de la pupille, vont former en a l'image du point A ; puisque nous raisonnons sur l'œil réduit emmétrope, c'est-à-dire sans faire intervenir l'accommodation, tant que le point A n'est pas à l'infini, son image se fait en arrière de la rétine.

On peut écrire

$$\frac{rs}{mn} = \frac{a\,F'}{O\,a},$$

ou

$$\frac{C}{P} = \frac{l'}{l' + D}.$$

On sait que dans un dioptre analogue à celui formé par l'œil réduit

$$ll' = ff',$$

d'où on tire

$$l' = \frac{ff'}{l},$$

ce qui donne

$$\frac{C}{P} = \frac{ff'}{ff' + D.l};$$

par suite,

$$C = \frac{Pff'}{ff' + Dl}.$$

Cette expression montre que, pour une même distance l de l'objet, la grandeur des cercles de diffusion est en raison directe du diamètre de la pupille.

2° *Grandeur des images rétiniennes dans un œil emmétrope.*

Soit un objet A B que nous appelons β ; par rapport au dioptre oculaire il fournit une image $A'B' = \beta'$.

L'œil étant emmétrope, l'image de l'objet se fera en arrière de la rétine, puisque l'œil réduit n'accommode pas.

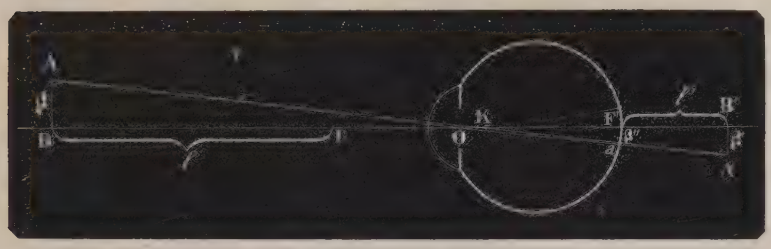


Fig. 21.

La grandeur de l'image diffuse formée par AB est celle qui sépare les centres a et F′ des cercles de diffusion suivant lesquels les deux points extrêmes A et B de l'objet se peignent sur la rétine. On sait que ces centres se trouvent sur les lignes menées du centre O de la pupille (1) aux extrémités A′ et B′. Désignons par β'' la grandeur de l'image diffuse aF′. On a

$$\frac{aF'}{A'B'} = \frac{OF'}{OB'},$$

ou

$$\frac{\beta''}{\beta'} = \frac{D}{D + l'};$$

(1) V. Helmholtz, *Optique physiolog.*, p. 127 et 134.

on a de plus

$$\frac{\beta'}{\beta} = \frac{f}{l},$$

rapport de grandeur de l'image à l'objet dans un dioptre convergent, d'où

$$\beta' = \frac{\beta f}{l}.$$

Si on remplace β' par cette valeur, on tire de la première égalité

$$\beta'' = \frac{\beta f D}{D l + f f'}.$$

Cette expression montre que l'image diffuse, au lieu de croître proportionnellement au rapprochement de l'objet, croît un peu moins vite.

Nous avons maintenant toutes les données nécessaires pour établir suivant quelle proportion varient les images rétiniennes et les cercles de diffusion, dans l'œil emmétrope, lorsqu'un même objet se rapproche ou s'éloigne, en supposant toujours l'accommodation inactive.

Le rapport de l'image diffuse β'' au cercle de diffusion C est le suivant :

$$\frac{\beta''}{C} = \frac{\beta f D}{P f f'} = \frac{\beta D}{P f'}.$$

La distance l n'entrant plus dans la formule, on voit que le rapport entre la grandeur des images rétiniennes et celle des cercles de diffusion est constant (toutes choses égales d'ailleurs) et indépendant de la distance des objets. C'est-à-dire que si, à une certaine distance, la grandeur de l'image est égale à celle des cercles de diffusion, il en sera de même à toute distance.

Nous avons vu que la grandeur β'' des images rétiniennes pouvant être distinguées les unes des autres doit être supérieure au diamètre C des cercles de diffusion. On devra donc avoir $\beta'' > C$, ou, en les remplaçant par leurs valeurs respectives,

$$\beta D > P f',$$

ou

$$\beta > \frac{P f'}{D}.$$

Il en résulte que la grandeur des plus petits objets pouvant être distingués nettement dépend uniquement de la largeur de la pupille.

Si on considère une pupille de 4 millimètres de diamètre, la grandeur de l'objet doit être supérieure ou au moins égale à

$$\frac{4f'}{D} = \frac{4 \times 20}{19} = 4^{mm}21,$$

ce qui est à peu près le diamètre moyen de la pupille.

Lorsqu'il s'agit d'une échelle d'acuité, ce que nous désignons par β est, non pas la hauteur des lettres, mais l'épaisseur des traits qui les forment, et qui est le cinquième de la hauteur.

D'après cela, on voit qu'un emmétrope *n'accommodant pas* ne pourrait lire que des lettres ayant au moins cinq fois le diamètre de la pupille. Une conséquence immédiate de ce résultat est la loi suivante, due à M. Badal : « L'acuité visuelle d'un œil emmétrope à l'état statique croît en raison inverse du diamètre de la pupille. » Comme on sait que l'acuité visuelle d'un œil est proportionnelle à la distance à laquelle un même objet est distingué nettement, on peut écrire

$$V = \frac{l}{K.P.}.$$

M. Badal, en poussant plus loin cette étude, a trouvé que la valeur de cette constante K était égale à 4. Par suite,

$$V = \frac{l}{4P}.$$

D'où cette conséquence numérique : l'acuité d'un œil emmétrope *au repos* ayant en réalité, c'est-à-dire pour une distance infinie, une acuité 1, a pour mesure le rapport de la distance en mètres à laquelle se pratique l'examen au quadruple du

diamètre de la pupille évalué en millimètres. Ainsi, avec une pupille de 4 millimètres et à 6 mètres, on a

$$V = \frac{6}{4 \times 4} = \frac{3}{8}.$$

Les cercles de diffusion résultant de ce que l'examen s'est pratiqué à 6 mètres au lieu de se pratiquer à l'infini, ont abaissé la valeur de l'acuité de 1 à $\frac{3}{8}$. De là ce résultat assez bizarre que si l'on cherche à mesurer par la méthode ordinaire l'acuité d'un emmétrope absolument privé d'accommodation et placé à 6 mètres de l'échelle d'acuité, on trouvera constamment comme valeur de l'acuité, pour une pupille de 4 millimètres, $V = \frac{3}{8}$.

Comment se fait-il donc qu'à 6 mètres, la plupart des personnes considérées comme emmétropes puissent lire, après paralysie de l'accommodation par l'atropine, la série de l'échelle qui correspond à l'acuité 1 ou supérieure à 1? M. Badal en donne les raisons suivantes : d'abord, quelques-unes de ces personnes peuvent être des myopes dont le punctum remotum est à 6 mètres ou à peu près, chez lesquelles, par conséquent, il ne se forme pas à cette distance de cercles de diffusion; les autres, et c'est le plus grand nombre, ont une myopie inférieure à $\frac{1}{6}$ de dioptrie et sont exactement emmétropes ou bien légèrement hypermétropes. L'absence ou la tolérance des cercles de diffusion tient tout simplement alors à ce que l'accommodation n'est jamais complètement paralysée; le peu qui reste entre en jeu dès que le sujet cherche à lire, et suffit à rendre les images nettes.

Il peut donc, d'après cela, ne pas être indifférent, dans les recherches délicates relatives à l'acuité visuelle, de pratiquer l'examen à 6 mètres ou à une distance plus grande. Pour être assuré de n'avoir aucune erreur avec un œil emmétrope dont la pupille aurait 4 millimètres, il faudrait placer l'échelle à 16 mètres de l'œil. En effet, de l'équation

$$V = \frac{l}{4P},$$

on tire $l = 4\,V.\,P.$

Si l'œil a une acuité 1 pour l'infini, on voit que, pour que cette acuité ne soit pas diminuée par la présence des cercles de diffusion, il faut que

$$l = 4 \times 4 \times 1 = 16 \text{ mètres.}$$

Mais empressons-nous d'ajouter que lorsqu'on se place, ainsi que nous avons vu la nécessité de le faire, dans de bonnes conditions d'éclairage, le diamètre de la pupille est loin d'avoir 4 millimètres: ce diamètre ne dépasse guère ainsi $1^{mm}5$. La distance qui correspond à ce diamètre pupillaire a pour valeur

$$l = 4 \times 1{,}5 = 6 \text{ mètres.}$$

On voit ainsi que lorsqu'on pratique la mesure de l'acuité à un très bon éclairage, la distance habituelle, 5 ou 6 mètres, est telle que les cercles de diffusion produisent sur les images rétiniennes un effet absolument négligeable.

Cependant, il n'en est pas moins certain que « le plus sûr moyen d'être à l'abri de toute erreur est de se servir d'un optomètre permettant d'envoyer à l'œil des rayons exactement parallèles » (Badal).

L'étude expérimentale que nous avons signalée au début de ce chapitre, et due à Klein, est une étude indirecte de l'influence du diamètre de la pupille sur l'acuité visuelle.

Klein, au lieu de produire des variations de dimensions de la pupille elle-même, appliquait sur l'œil des diaphragmes de 1, 2, 3 millimètres; il cherchait ensuite à quelle distance le sujet était obligé de se placer de l'échelle d'acuité pour distinguer nettement les caractères pour une série d'éclairements connus.

De ses expériences sur les yeux myopes, Klein conclut que pour des intensités très faibles (0,4, 0,5 et 1 bougie à 1 mètre) l'acuité de l'œil nu était meilleure que celle de l'œil armé d'un diaphragme; que pour de forts éclairements la vision était

meilleure qu'à l'œil nu; que plus l'ouverture du diaphragme était petite, plus l'amélioration était sensible.

Nous ferons remarquer que les expériences de Klein ne répondent pas précisément au but qu'il s'était proposé, à savoir l'influence du diamètre pupillaire sur l'acuité. Il aurait dû laisser l'éclairement de l'échelle constant, et ne faire varier que l'ouverture pupillaire. Dans ses expériences, il avait trois facteurs variables : l'acuité, l'ouverture pupillaire et l'éclairement. De plus, le diaphragme qu'il appliquait devant l'œil ne produisait pas sur la grandeur des cercles de diffusion le même effet que le diaphragme irien qui est placé dans l'intérieur de l'œil, en avant du cristallin.

Les variations de l'acuité visuelle ne sont point, dans les expériences de Klein, comparables à celles qui ont lieu dans l'œil naturel.

Pour compléter cette étude de l'influence du diamètre pupillaire, nous avons cru intéressant de faire des mesures expérimentales du diamètre de la pupille sur l'œil lui-même.

Le problème était facile à poser; il fallait : 1° placer l'échelle d'acuité à un bon éclairage (celui du grand jour); 2° faire varier la quantité de lumière tombant sur l'œil *sans modifier l'éclairement de l'échelle,* de façon à produire une augmentation graduelle du diamètre de la pupille; 3° déterminer l'acuité pour chaque valeur de ce diamètre pupillaire, et 4° enfin mesurer chaque fois ce diamètre.

Toutes ces circonstances auraient été faciles à réaliser si nous avions eu un moyen commode, en même temps que précis, de mesurer le diamètre de la pupille.

La mesure exacte de ce diamètre présente en effet de grandes difficultés.

La mobilité de l'œil étant extrême, la pupille participe naturellement à tous ses mouvements, et ne conserve que par moments l'immobilité nécessaire aux méthodes ordinaires de mensuration.

Aussi, lorsqu'on vise l'extrémité d'un diamètre pupillaire par-dessus une règle graduée, par exemple, on n'est jamais

sûr que l'extrémité opposée corresponde encore au zéro de la graduation.

L'iris qui entoure la pupille présente le plus souvent une teinte foncée qui ne tranche pas beaucoup avec celle de la pupille elle-même.

Lorsqu'on cherche à évaluer ce diamètre à l'aide d'une règle, il y a un obstacle qui s'oppose à l'exactitude de la mesure : c'est le déplacement que semblent exécuter l'extrémité du bord pupillaire et la division de la règle qui étaient d'abord vis-à-vis (effet de parallaxe). Ce déplacement est inévitale à cause de la distance, serait-elle réduite à la profondeur de la chambre antérieure de l'œil, qui sépare la pupille de la règle graduée.

Il y a en outre une cause d'erreur importante : le grossissement produit par le dioptre cornéen.

Il faut encore ajouter à toutes ces difficultés de mesure les variations de la grandeur de la pupille produite par la modification de la quantité de lumière qui tombe sur l'œil quand on approche un instrument quelconque, ou quand on dirige sur l'œil des rayons lumineux. L'accommodation modifie également son diamètre. Enfin, on sait que la pupille est un bon réactif des émotions morales : douleur, peur, etc.

On voit combien une bonne mesure du diamètre pupillaire demande de soins et quelles difficultés nombreuses on rencontre dans cette évaluation précise !

Aussi ne devons-nous pas nous étonner du grand nombre de procédés et de la multiplicité des pupillomètres qui ont été décrits et construits dans le but d'effectuer cette mesure.

Leur grand nombre indique, *a priori*, qu'il en existe peu donnant de bons résultats. Sans vouloir passer en revue tous les pupillomètres, dont il existe plus de quinze modèles différents, nous indiquerons l'ophtalmomètre d'Helmholtz comme étant l'appareil qui permet de faire la mesure la plus exacte. Pour cela, on amène, par la rotation des lames, les doubles images de la pupille en contact. De l'angle de rotation des lames, on déduit facilement la valeur linéaire qui correspond au diamètre

apparent de la pupille. On obtient le diamètre réel en tenant compte de l'action grossissante du dioptre cornéen. Le pupillomètre de Landolt (1) permet aussi de faire une bonne mesure

Un inconvénient inhérent à tous les pupillomètres c'est que, pendant la mesure, qui demande toujours un certain temps, le diamètre de la pupille peut se modifier sous une influence quelconque (accommodation, variation de l'intensité lumineuse, etc.).

Nous avons cherché un moyen plus commode et plus rapide (2) pour mesurer exactement le diamètre pupillaire : ce moyen n'est autre que la photographie.

Ce procédé, pour être exempt des inconvénients reprochés aux pupillomètres, avait besoin de demander un temps très court, de façon que la pupille n'ait pas le temps de se modifier.

Pour arriver à ce résultat, nous avons utilisé l'*éclair magnésique;* mais une étude préalable de cet éclair était nécessaire.

Sous l'influence d'une vive lumière, on sait que la pupille se resserre : cette modification du diamètre pupillaire demande un certain temps pour se produire : ce temps est la durée du réflexe pupillaire.

On sait, en effet, que les mouvements de l'iris ne sont pas instantanés : il est même remarquable de voir avec quelle lenteur cette ouverture se dilate ou se rétrécit. Ainsi Œby (3) a trouvé que pour accommoder de 43 à 145 centimètres il fallait à la pupille 2 secondes pour changer de diamètre, et que pour accommoder de 145 à 43 centimètres, la durée de la modification pupillaire était de 1 seconde 1/2. La variation du diamètre pupillaire n'est pas achevée que l'effet accommodatif est obtenu.

La durée du réflexe pupillaire n'est pas la même lorsqu'il s'agit de l'excitation produite par la lumière. La contraction de la pupille n'a pas lieu seulement sur l'œil excité, elle se produit aussi sur l'œil du côté opposé, mais en étant un peu

---

(1) *Traité d'ophtalm.,* de Wecker et Landolt, t. I, p. 950.

(2) Communication faite à la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, séance du 15 juin 1893.

(3) Drouin, thèse de Paris, 1876, p. 107.

moins marquée (chez le lapin, au contraire, le rétrécissement pupillaire ne porte que sur l'œil excité). Listing (1) a constaté que la modification pupillaire *de l'œil opposé* ne commençait que $\frac{3}{8}$ de seconde après l'excitation lumineuse, et qu'elle durait $\frac{1}{5}$ de seconde.

D'après Beaunis (2), le rétrécissement du diamètre pupillaire de l'œil excité commence 0,49 de seconde après l'excitation lumineuse; la pupille n'atteint son diamètre constant qu'au bout de 0,85 de seconde.

La dilatation est toujours plus lente à se produire que le rétrécissement. Ainsi donc, le chiffre que nous devons retenir pour la durée du réflexe pupillaire, dans le cas qui nous occupe, est 0,49 de seconde.

Pour savoir si l'éclair magnésique pouvait modifier le diamètre de la pupille, il était indispensable de mesurer la durée de cet éclair.

Il existe plusieurs manières de le produire. Nous avons utilisé pour nos expériences l'éclair résultant de la combustion d'une quantité de poudre de magnésium égale à 1 gramme, contenue dans une petite boîte en carton de 20 millimètres de diamètre et de 7 millimètres de hauteur; la base supérieure est constituée par une mince feuille de papier dans laquelle on enfonce une petite mèche destinée à enflammer la poudre.

Pour faire la mesure de la durée de l'éclair, nous avons utilisé une méthode bien connue, celle du diapason à miroir (*fig.* 22).

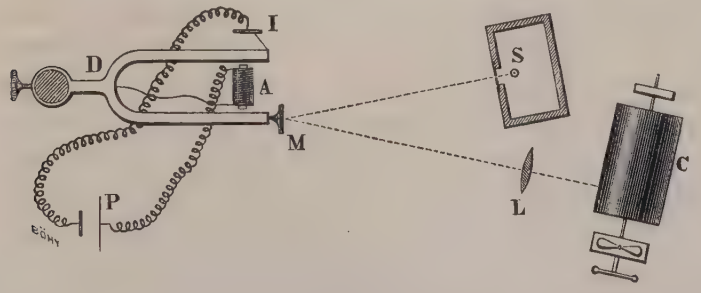


Fig. 22.

(1) Drouin, *loc. cit.*, p. 107.
(2) Beaunis, *Physiol. hum.*, t. II, p. 514.

Le diapason dont nous nous sommes servi effectuait 154 V. D. mesurées avec le cylindre enregistreur de Marey, au moment même de l'expérience : une de ses branches était munie d'un miroir plan M, comme dans les expériences de Lissajous. En plaçant une source lumineuse S dans une caisse percée d'une petite ouverture, les rayons émanés de cette source étaient réfléchis par ce miroir ; à l'aide d'une lentille convergente L, il était facile d'obtenir sur un écran l'image nette, réduite à un point, de l'ouverture rendue lumineuse par la source. Dans ces conditions, si on se sert comme écran d'une feuille de papier photographique au gélatino-bromure d'argent placée sur un cylindre C animé d'une grande vitesse, et si on remplace la source lumineuse contenue dans la caisse par un éclair magnésique, il est évident qu'en faisant entrer le diapason en vibration, on pourra obtenir sur le cylindre la trace du mouvement vibratoire correspondant au temps mis par la poudre de magnésium à opérer sa combustion. Ce dispositif, que nous avons utilisé, a une grande sensibilité. La durée de l'éclair s'obtient ainsi en comptant le nombre de dents photographiées sur le gélatino-bromure.

En répétant plusieurs fois l'expérience, nous avons trouvé que la durée de l'éclair était comprise entre

$$\frac{6}{154} \text{ et } \frac{8}{154}$$

de seconde, c'est-à-dire entre $\frac{4}{100}$ et $\frac{5}{100}$ de seconde.

Il est donc évident que la lueur produite par cet éclair n'a pas le temps de modifier l'ouverture pupillaire, puisqu'elle dure 10 ou 12 fois moins de temps que le réflexe physiologique.

La lumière produite par la poudre de magnésium, étant très riche en radiations actiniques, permet de photographier la pupille, même dans l'obscurité.

Pour nos expériences, nous avons utilisé une chambre photographique et un objectif nous permettant d'obtenir une image agrandie de la face antérieure de l'œil. Nous devons à l'obligeance d'un maître bien connu à Bordeaux dans l'art

photographique, M. Panajou, d'avoir pu mener à bonne fin ces mesures délicates. Pour avoir la valeur du diamètre pupillaire, il suffit de le mesurer sur le cliché et de diviser cette valeur par : 1° le grossissement de l'objectif photographique déterminé une fois pour toutes, et 2° par le grossissement dû au dioptre cornéen.

Ce dernier grossissement est facile à calculer : dans l'œil humain le plan pupillaire, quand l'œil est au repos, est situé à 4 millimètres en arrière du pôle de la cornée (1); le rayon de courbure de la cornée est, d'autre part, égal en moyenne à 8 millimètres d'après les mensurations d'Helmholtz et de Donders; l'indice de réfraction de l'humeur aqueuse est 1,336; par conséquent, la distance focale du dioptre cornéen est

$$f = \frac{r.n}{n-1} = \frac{8 \times 1{,}336}{1{,}336 - 1} = 31^{mm}78.$$

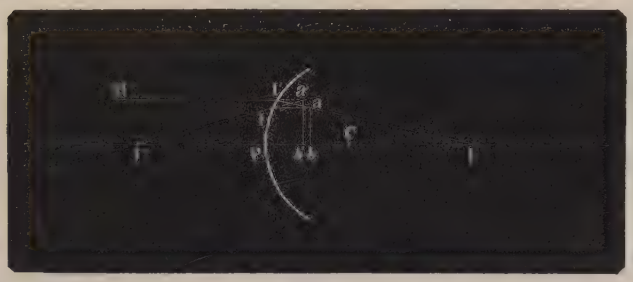


Fig. 23.

Considérons le demi-diamètre de la pupille. Ce demi-diamètre ab se comporte comme un objet lumineux : il apparaît comme s'il était vu à la loupe. La construction de son image s'obtient en menant les deux rayons classiques, l'un aI parallèle à l'axe, l'autre aI' dont la direction passe au foyer postérieur F.

Les prolongements des deux réfractés se coupent en a', et $a'b'$ est l'image virtuelle de ab.

Le grossissement, ou plutôt le grandissement de ce dioptre cornéen est, comme dans tout appareil d'optique, le rapport de l'image à l'objet.

---

(1) Helmholtz, *Opt. phys.*, p. 110.

Dans les triangles semblables I'PF et abF, on a

$$\frac{\text{I'P ou } a'b'}{ab} = \frac{\text{PF}}{b\text{F}} = \frac{31{,}78}{31{,}78 - 4},$$

ou

$$\text{C} = \frac{31{,}78}{27{,}78}.$$

Pour étudier expérimentalement la variation de l'acuité pour différentes valeurs du diamètre de la pupille, il fallait empêcher l'œil de corriger le manque de netteté des images provenant des aberrattions de sphéricité; il fallait donc l'empêcher d'accommoder : nous sommes arrivé à ce but en plaçant devant l'œil, choisi emmétrope, un verre positif de 0^d2; dans ces conditions, la grandeur des cercles de diffusion ne peut pas être modifiée par l'accommodation.

Le sujet en expérience, placé devant l'objectif de la chambre photographique dont la plaque était mise au point une fois pour toutes, avait la tête fixée en arrière et en bas; l'œil avait donc une position immobile. On commençait par déterminer, pour une valeur donnée du diamètre de la pupille, son acuité visuelle monoculaire, et aussitôt cet œil était photographié.

Pour augmenter la grandeur de la pupille, on fermait plus ou moins les ouvertures de la salle; enfin, pour que l'œil reçût très peu de lumière, on disposait un grand vélum noir qui plaçait le sujet comme dans une chambre obscure à laquelle était ménagée une petite ouverture permettant à l'œil d'apercevoir l'échelle d'acuité. Cette échelle était, elle, en dehors de la salle, et toujours éclairée de la même façon : par la lumière du grand jour.

Il était indispensable d'avoir à sa disposition une échelle régulièrement progressive et donnant la mesure de l'acuité en dixièmes. Notre échelle décimale, décrite plus haut, était donc tout indiquée pour cet usage; nous saisissons cette occasion pour faire remarquer encore son utilité.

Cette échelle ne permet pas seulement d'exprimer la valeur de l'acuité en dixièmes; elle permet d'avoir une approximation

plus grande encore. Ainsi, lorsqu'un sujet lit toutes les lettres de la ligne qui correspond, par exemple, à $V = 1,5$, et qu'il en lit quelques-unes de la ligne suivante qui donne $V = 1,6$, on peut écrire pour l'acuité cherchée 1,55. On a donc ainsi une mesure aussi exacte que possible.

Les yeux sur lesquels nous avons fait ces mesures étaient des yeux bleus, choisis tels à dessein: la coloration bleuâtre de l'iris est, on le comprend, une condition qui permet à la pupille noire de se détacher plus nettement sur l'épreuve, et par suite d'obtenir une image meilleure.

Le grossissement de l'appareil photographique était mesuré en plaçant sur le même plan que l'œil un double décimètre en ivoire blanc gradué en demi-millimètres.

Ce grossissement, dans nos expériences, était égal à

$$\frac{87}{30} = 2,9.$$

La pupille a été photographiée dans cinq grandeurs différentes, pour lesquelles l'acuité de l'œil était respectivement

1° $V = 2$
2° $V = 1,85$
3° $V = 1,8$
4° $V = 1,75$
5° $V = 1,7$

Le diamètre de la pupille mesuré sur chaque cliché a été trouvé égal à

1° —	6, mm	clarté du jour.
2° —	13	clarté moyenne.
3° —	13,5	id.
4° —	20	demi-obscurité.
5° —	22	obscurité presque complète.

Grâce au grossissement produit par l'appareil photographique (2,9), on voit que les mesures peuvent être faites avec une grande approximation.

En divisant chaque valeur du diamètre pupillaire par 2,9 on obtient les différentes valeurs :

	mm
1°	2,06
2°	4,48
3°	4,65
4°	6,9
5°	7,58

qui sont les diamètres que paraît avoir la pupille à travers le dioptre cornéen. Pour connaître le diamètre réel de la pupille dans chaque expérience, il suffit de diviser tous ces nombres par le grossissement relatif à la cornée, et que nous avons trouvé égal à

$$\frac{31,78}{27,78},$$

ce qui donne les nombres suivants :

	mm
1°	1,8
2°	3,9
3°	4,04
4°	6
5°	6,6

Si on rapproche les valeurs correspondantes de l'acuité, on obtient le tableau suivant, qui montre la façon dont varie l'acuité avec le diamètre de la pupille :

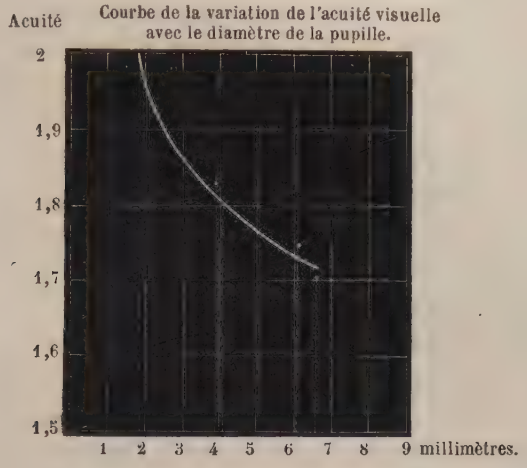
ACUITÉ.	DIAMÈTRE PUPILLAIRE.
	mm
2	1,8
1,85	3,9
1,8	4,04
1,75	6
1,7	6,6

On voit par là qu'à mesure que les nombres représentant les différentes valeurs de l'acuité vont en diminuant, ceux qui éxpriment la grandeur du diamètre pupillaire vont au contraire en croissant. D'où cette loi expérimentale prévue déjà par le

calcul : L'acuité visuelle d'un œil emmétrope *à l'état statique* varie en raison inverse du diamètre de la pupille.

On peut aller plus loin et représenter cette variation par une courbe. Il suffit de porter en ordonnées les différentes valeurs de l'acuité, et en abscisses celles du diamètre de la pupille. On obtient ainsi des points qui permettent de construire la courbe ci-dessous :

Courbe de la variation de l'acuité visuelle avec le diamètre de la pupille.



La question de la détermination de l'acuité visuelle par la méthode dite *du trou d'épingle* trouve naturellement sa place dans ce chapitre.

Lorsqu'on place, en effet, une ouverture sténopéique devant l'œil, on produit un rétrécissement artificiel de la pupille, rétrécissement beaucoup plus grand que celui qui correspond au diamètre minimum de la pupille. Cette méthode a été proposée par Giraud-Teulon (1) dans le cas des anomalies de la réfraction. Le faisceau lumineux émanant des objets-types est alors très mince; il rencontre les différents dioptres oculaires en des portions si petites, que la forme des surfaces réfringentes a une influence presque nulle sur la marche des rayons. Les images rétiniennes ainsi obtenues ont une netteté à peu

(1) *Instruction pour l'emploi d'une échelle régulièrement progressive*, Paris, 1863.

près égale pour tous les yeux, emmétropes ou amétropes; cette netteté est due à ce que les cercles de diffusion sont très diminués par l'interposition de l'ouverture sténopéique.

On peut constater facilement l'efficacité de ce procédé : si on regarde au trou d'épingle des caractères d'imprimerie placés entre le punctum proximum et l'œil, on peut très bien les distinguer; dans ces conditions, il y a un rapprochement apparent du punctum proximum. Nous croyons utile de faire remarquer que cette expérience permet d'expliquer pourquoi certains vieillards (qui ne pouvaient se passer de lunettes au commencement de leur presbytie) y voient à l'œil nu, aussi bien et même mieux qu'avec l'aide de leurs verres positifs. Chez ceux-là, on constate un myosis considérable qui transforme leur pupille en un véritable trou d'épingle; leur vision de près est ainsi améliorée : tout se passe comme si leur proximum était rapproché de l'œil.

Quoi qu'il en soit, la mesure de l'acuité visuelle au trou d'épingle donne des résultats erronés, car la petitesse de l'ouverture diminue l'intensité lumineuse de l'image rétinienne, et l'influence des troubles produits sur la vision par les milieux réfringents de l'œil est supprimée en partie.

Cette détermination de l'acuité au trou d'épingle donne cependant d'utiles renseignements sur l'état de l'appareil nerveux de réception et de transmission au cerveau des impressions lumineuses. On doit ensuite compléter ce renseignement par une exploration objective du fond de l'œil à l'ophtalmoscope.

La mesure de l'acuité est influencée par l'éclairement de l'échelle d'acuité, c'est-à-dire par la quantité de lumière qui tombe sur cette échelle; et aussi, comme nous venons de le voir, par la grandeur du diamètre de la pupille.

A notre avis, il ne faut pas considérer ces deux facteurs séparément lorsqu'on cherche à faire une bonne mesure d'acuité, mais, au contraire, faire marcher ces deux causes de front.

Ainsi, il ne suffit pas d'éclairer fortement l'échelle ; il importe en même temps de régler la quantité de lumière qui tombe sur l'œil, de façon que la pupille ait un faible diamètre destiné à diminuer l'étendue des cercles de diffusion.

On devra donc, pour déterminer exactement l'acuité visuelle, donner à l'échelle optométrique et à l'œil le même éclairage ; on devra chercher l'adaptation de l'œil pour l'éclairement de l'échelle.

Le meilleur moyen d'arriver à cette adaptation est de faire les déterminations d'acuité en plein air, dehors, ou en se plaçant dans une salle ou dans un couloir dont une des faces est entièrement vitrée ; de cette façon, l'échelle et l'œil, placés sous la même clarté, seraient dans les conditions requises d'une bonne mesure d'acuité.

Si l'unité d'acuité a été prise si faible par Snellen et Giraud-Teulon, nous croyons qu'il faut l'attribuer non seulement à un éclairage insuffisant, mais aussi à un trop grand diamètre de la pupille des yeux placés à cet éclairage.

X

Variation de l'acuité visuelle avec l'âge.

Comme nous l'avons dit au début de ce travail, l'acuité visuelle varie avec l'état de l'organe. En dehors de toute maladie de l'œil, l'acuité ne conserve pas la même valeur, pour un même individu, pendant toute la vie. Ainsi, dans la vieillesse, les milieux de l'œil, principalement le cristallin, perdent de leur transparence ; en outre, les éléments sensibles de la rétine possèdent un degré d'activité moindre ; en un mot, l'état de l'organe est moins parfait que pendant les années précédentes, et l'acuité visuelle décroît.

Comme toute variation d'ordre biologique, la variation de l'acuité pendant les diverses phases de la vie doit correspondre à une loi immuable. Cette loi est signalée dans tous les traités écrits sur la question ; mais une importante modification doit être apportée dans la courbe représentant cette loi.

La courbe de la variation de l'acuité visuelle avec l'âge a été construite d'après le tableau dressé par Vroesom de Haan (1). Cette courbe part de l'ordonnée 1,19 et décroît jusqu'à la valeur 0,55 qui correspond à l'âge de 80 ans. D'après cet auteur, l'acuité aurait les valeurs suivantes :

à 10 ans.....	1,18
à 20 ans.....	1,15
à 30 ans.....	1,1
à 40 ans.....	1,03
à 50 ans.....	0,94
.....	....
à 80 ans.....	0,55

Ainsi, l'opinion adoptée par tout le monde est que l'acuité

(1) Helmholtz, *Opt. physiol.*, p. 297.

visuelle est maxima dans les premiers moments de la vie, et qu'elle va en décroissant assez régulièrement.

C'est pour traduire algébriquement ces résultats que le professeur Monoyer a donné l'équation suivante :

$$V = 1{,}19 - 0{,}001\,x^2,$$

dans laquelle V est la valeur de l'acuité et x l'âge du sujet. Nous allons montrer en quoi la courbe de de Haan diffère de celle qui correspond à nos déterminations.

Lorsque nous faisions, au début de ces recherches, des mesures d'acuité, non pas avec nos échelles, mais avec celle de Snellen, nous nous sommes aperçu du fait suivant : tandis qu'un adulte de 18 à 20 ans lisait la dernière ligne à 8 ou 10 mètres, les enfants de 6 à 8 ans étaient obligés de se rapprocher à 5 ou 6 mètres pour voir cette même série de caractères.

Les quelques observations faites de cette façon nous avaient étonné, sachant que les enfants étaient réputés avoir une acuité supérieure à celle des adolescents et des adultes.

Pour bien connaître la vérité sur la valeur de l'acuité dans les vingt premières années de la vie, nous avons entrepris de faire des déterminations d'acuité dans les écoles.

Nos premières mesures ont été faites en octobre 1892, dans une école primaire du département de la Charente. Nous nous sommes servi simultanément de notre échelle décimale et de celle de Snellen, placées toutes deux au grand jour, par conséquent à un très bon éclairement.

Nous avons ainsi examiné l'acuité de plus de cent cinquante élèves de 6 à 16 ans. Nos résultats ont été exactement semblables à ceux que nous allons indiquer plus loin; mais comme l'état de réfraction des yeux était déterminé (1) seulement par

---

(1) Voici, d'après Sismann (*Rev. gén. d'ophtalm.*, 1887, p. 39), les résultats obtenus sur les élèves d'une école d'Irkoutsk, par la méthode de Donders et par la méthode de l'ophtalmoscope à réfraction :

	Hypermétropes.	Emmétropes.	Myopes.	Total.
Méthode de Donders.....	7	13	38	58
Méthode de l'ophtalmoscope.	55	2	1	58

nous reviendrons plus loin sur le chiffre élevé (38) de myopes trouvés par la méthode de Donders.

la méthode de Donders, qui ne peut pas donner de mesures exactes, surtout pour l'hypermétropie, nous avons cherché à reprendre ces déterminations en employant une méthode objective pour la mesure des degrés d'amétropie, de façon à pouvoir faire la correction par un verre approprié.

Ces déterminations ont été faites sur les élèves de plusieurs écoles de Bordeaux. C'est grâce à la bienveilance de M. le professeur Layet que nous devons d'avoir pu obtenir l'autorisation nécessaire pour effectuer ces recherches. Je prie M. Layet de recevoir ici mes remerciements les plus sincères.

Le degré des différentes amétropies a été mesuré, à l'aide de l'ophtalmoscope à réfraction du prof. Badal, par notre ami C. Fromaget, chef de clinique ophtalmologique de la Faculté. Nous ne saurions trop le remercier du soin qu'il a mis à faire ces mesures et de la collaboration précieuse qu'il nous a fournie à cette occasion.

L'acuité a été prise pour un œil seulement, l'autre étant masqué par un écran opaque. L'échelle optométrique employée était notre échelle décimale.

Nos recherches ont porté sur des sujets de 6 ans à 17 ans fréquentant les écoles de la rue Paul-Bert et de la rue Pèlegrin (1). Les acuités relatives aux sujets compris entre 17 et 20 ans ont été déterminées au laboratoire de physique médicale de laFaculté sur des étudiants en médecine de première année.

Le nombre des sujets examinés pour chaque période d'une année a varié entre 15 et 20, ce qui représente un total d'environ 300 déterminations faites entre 6 et 20 ans.

Voici le résumé des chiffres trouvés, tant au point de vue de l'état de la réfraction statique qu'à celui de l'acuité visuelle moyenne :

---

(1) Nous devons remercier vivement de leur accueil sympathique les directeurs des différentes écoles dans lesquelles nous avons opéré nos mesures, à savoir M. Tilhard, de Blanzac (Charente) et MM. Deschamps et Cornut, de Bordeaux.

AGES DES SUJETS	Emmétropes %	Hypermétropes %	Myopes %	Acuité visuelle monoculaire moyenne
De 6 à 7 ans....	0	100	0	1,14
De 7 à 8 ans....	11,7	88,2	0	1,18
De 8 à 9 ans....	33,3	66,6	0	1,28
De 9 à 10 ans....	14,6	83,3	0	1,3
De 10 à 11 ans....	38,4	61,5	0	1,32
De 11 à 12 ans....	28,5	71,4	0	1,4
De 12 à 13 ans....	57,1	42,8	0	1,52
De 13 à 14 ans....	42,8	57,1	0	1,62
De 14 à 15 ans....	35,2	64,7	0	1,7
De 15 à 16 ans....	63,6	27,2	9	1,67
De 16 à 17 ans....	64,2	28,5	7,1	1,665
De 17 à 20 ans....	68,9	13,7	17,3	1,68

A l'aide des nombres que nous ont fournis nos déterminations d'acuité, il est facile de construire la courbe de la variation avec l'âge, en prenant pour ordonnées les valeurs de l'acuité, et pour abscisses les âges. En se reportant à cette courbe, on voit que l'acuité visuelle ne va pas en décroissant régulièrement depuis le moment de la naissance jusqu'à la vieillesse, comme l'indique la courbe classique dessinée en trait ponctué sur le graphique ci-joint, mais qu'elle augmente au contraire peu à peu jusqu'au moment où l'homme passe de la deuxième enfance à la puberté (1). Depuis ce moment jusqu'à la vieillesse, l'acuité suit une marche parallèle à celle indiquée par de Haan.

Comme nous l'avons déjà dit, l'acuité d'un œil physiologique, quel que soit son âge, est toujours plus grande que l'unité adoptée, avec un bon éclairement. La dernière partie de la courbe obtenue en menant une parallèle à la ligne placée au-dessous répond assez bien aux valeurs de l'acuité que nous avons trouvées entre 20 et 80 ans.

(1) La première enfance s'étend de la naissance à 7 ans ; la deuxième enfance, de 7 ans à la puberté (11-13 ans chez les filles, 14-15 chez les garçons).

Courbes de la variation de l'acuité visuelle avec l'âge.

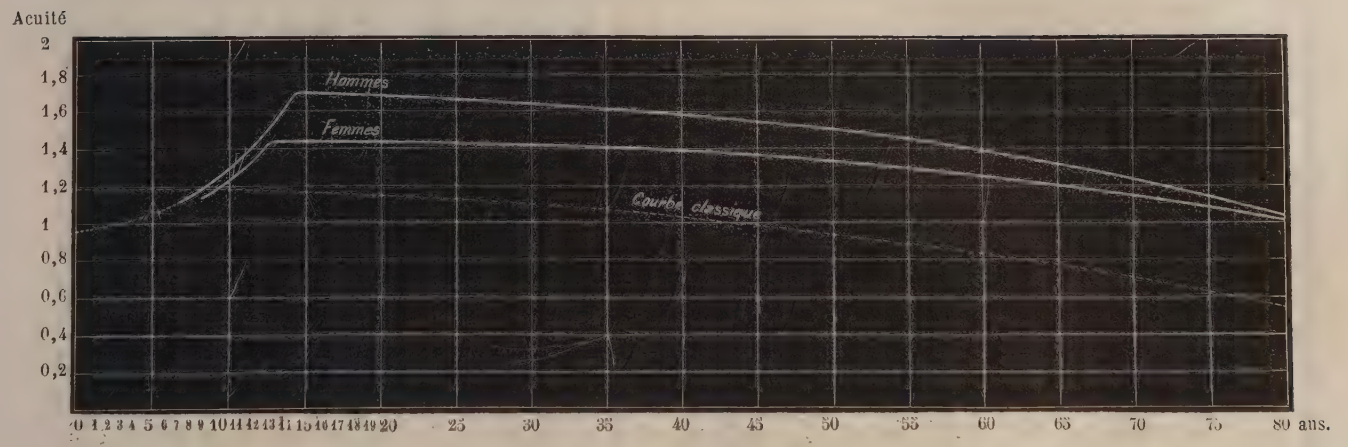


Fig. 24.

Le point important et inattendu de nos résultats est la forme de la courbe dans les premières années de la vie. Nous venons de dire que l'acuité allait en croissant jusqu'à un âge qui semblait être celui de la puberté.

Pour vérifier cette loi, un moyen simple s'offrait à nous : celui de faire chez les filles les mêmes déterminations que nous avions faites chez les garçons. On sait, en effet, que la puberté apparaît chez les filles vers 11-13 ans, tandis que chez les garçons elle a lieu vers 14-15 ans. C'est ce que nous n'avons pas manqué de faire.

C'est encore grâce à l'appui que nous a prêté M. le professeur Layet que nous avons pu effectuer ces mensurations. Nous lui adressons encore une fois nos plus vifs remerciments.

Le tableau suivant résume nos déterminations faites à l'école des filles de la rue des Ayres (1), sur 110 jeunes filles.

AGES	Emmétropes %	Hypermétropes %	Myopes %	Acuité moyenne
De 8 à 9 ans....	21,5	78,5	0	1,15
De 9 à 10 ans....	20	73,3	6,6	1,2
De 10 à 11 ans....	25	75	0	1,25
De 11 à 12 ans....	20	80	0	1,34
De 12 à 13 ans....	41,6	50	8,3	1,44
De 13 à 14 ans....	20	80	0	1,4
De 14 à 15 ans....	57,8	42,1	0	1,36

En prenant pour ordonnées les valeurs de l'acuité moyenne correspondant à chaque année, on détermine une série de points qui permettent de construire la courbe représentant la variation de l'acuité avec l'âge chez les jeunes filles. On constate ainsi que la courbe s'élève parallèlement à celle des garçons

(1) Nous prions la Directrice de cette école, Mlle Trichard, de recevoir nos remercîments sincères pour la complaisance avec laquelle elle nous a secondé dans nos expériences.

jusqu'à l'âge de 12-13 ans, mais avec des ordonnées plus petites. Ce qui indique que le maximum d'acuité, chez les filles, est atteint entre 12 et 13 ans, au lieu de 14 à 15 ans. Or, nous avons vu que la puberté se produit chez ces dernières précisément à cette époque.

A partir de ce moment, la courbe devrait suivre une marche parallèle à celle qui correspond à la variation de l'acuité chez l'homme; mais plusieurs déterminations d'acuité faites sur des femmes d'un âge compris entre 60 et 80 ans nous ont montré que la valeur de l'acuité était à peu près la même que chez les hommes de même âge. En sorte que les courbes tendent à avoir les mêmes ordonnées, dans les deux sexes, à l'âge de l'extrême vieillesse. Jusqu'à ce moment de la vie, *l'acuité est plus faible chez la femme que chez l'homme.*

Quoi qu'il en soit, il y a une relation nette entre le maximum de l'acuité visuelle et l'âge de la puberté.

L'âge de la puberté qui sépare la deuxième enfance de l'adolescence n'est point un âge de convention. Ce moment de la vie correspond en effet à des modifications profondes de l'organisme, et l'on conçoit que ces modifications puissent produire une augmentation du degré de l'activité rétinienne, c'est-à-dire rendre *optima* la fonction visuelle, et en particulier la finesse de la vue, l'acuité.

Lorsqu'on rapproche de la variation de l'acuité telle que nous l'indiquons, la variation de l'amplitude d'accommodation, on peut s'étonner au premier abord de ce que ces deux phénomènes ne suivent pas une marche parallèle. Mais il n'y a entre ces deux phénomènes biologiques aucune relation.

En effet, l'accommodation est produite par l'augmentation du diamètre antéro-postérieur du cristallin qui, par la contraction des fibres circulaires du muscle ciliaire, tend à prendre la forme sphérique. Or, la fluidité de la substance cristallinienne est évidemment maxima chez l'enfant. Il n'est donc pas étonnant de voir le pouvoir accommodatif décroître depuis la première enfance jusqu'à la vieillesse.

Mais pour l'acuité, qui est le résultat d'une perception et d'une transmission nerveuses, on comprend que la variation se fasse en sens contraire jusqu'à un certain âge, à partir duquel, alors, les variations suivent la même allure.

Nous n'avons pu déterminer l'acuité visuelle qu'à partir de 6 ans, car en dessous de cet âge les enfants sont trop jeunes pour qu'on puisse faire une mesure sérieuse. Mais il nous paraît juste de prolonger notre courbe, en lui conservant la même forme, jusqu'à l'axe des acuités. On obtient ainsi, empiriquement, il est vrai, des valeurs comprises entre 0,98 et 1,14. Ce qui semble indiquer que l'acuité croît moins rapidement pendant la première enfance (depuis la naissance jusqu'à l'âge de 6 à 7 ans) que pendant la seconde (de 7 à 15 ans).

Nous devons faire ressortir de nos résultats expérimentaux une conséquence pratique qui a son importance. Nous voulons parler de la faible acuité des jeunes enfants. Lorsqu'on emploie la méthode de Donders pour la détermination d'une amétropie, on fait passer devant l'œil des verres de numéros variables jusqu'à ce que l'acuité visuelle soit rendue maxima. Si on emploie cette méthode pour les enfants qui, d'après ce que nous avons dit, auront peine à lire la dernière ligne de Snellen, on mettra cette faible valeur de l'acuité sur le compte de la myopie si on adopte la courbe classique, et en conséquence, on prescrira des verres divergents à des sujets qui sont, de par leur âge, hypermétropes pour la plupart.

Pour se convaincre de la véracité de ce que nous avançons, il suffit de se reporter aux mesures de Sismann (page 159), qui, sur 58 élèves d'une école d'Irkoutsk, a trouvé 38 myopes avec la méthode de Donders, alors qu'en réalité il n'y en avait qu'un seul! On comprend aisément l'importance de notre remarque (1).

La courbe que nous avons construite représente des

(1) On peut se demander pourquoi les auteurs ont attribué aux enfants l'acuité maxima. D'après nous, cela tient à deux causes principales :

1° Les enfants, étant presque tous hypermétropes, ont une portée de vue très

moyennes : elle ne se rapporte donc à aucun œil en particulier, comme toutes les moyennes, d'ailleurs. Il ne faudra pas, par suite, s'étonner si pour un âge déterminé, on trouve une acuité ou plus grande ou plus petite que celle indiquée par la courbe.

Les acuités qui en sont les ordonnées correspondent à un seul œil, pour un même sujet.

Lorsqu'on laisse les deux yeux ouverts, on trouve une acuité toujours supérieure à celle de chaque œil séparément : ainsi, nous avons bien souvent remarqué que si un œil a l'acuité 1,7, par exemple, l'acuité devient 1,9 ou 2 lorsque les deux yeux visent l'échelle. Nous aurions pu faire nos déterminations pour les deux yeux à la fois, et la courbe aurait été presque tangente à la ligne horizontale de l'ordonnée 2. La mesure ainsi faite aurait eu, en somme, assez bien sa raison d'être, car notre acuité, celle dont nous nous servons couramment, est en réalité celle qui correspond à la vision binoculaire et non à la vision monoculaire. Cette acuité, nous le répétons, est souvent trouvée voisine de 2, entre 15 et 30 ans : nos échelles, dont nous avons déjà démontré l'utilité, permettent seules de faire, dans ces conditions, des mesures exactes et d'une façon commode.

étendue; de là à admettre qu'ils ont une acuité maxima, il n'y a qu'un pas, qui a été franchi, sans y prendre garde, par beaucoup d'auteurs.

2° Avec les échelles actuellement en usage, qui sont placées, en général, à une distance constante de l'œil examiné, il était difficile que l'attention des ophtalmologistes fût attirée de ce côté, puisqu'avec ces échelles on ne détermine presque jamais la valeur-limite exacte de l'acuité d'un œil physiologique.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nos recherches permettent de tirer les conclusions suivantes :

I. — L'angle de 1′ pour la valeur du minimum separabile est trop grand : l'angle de 30″ paraît mieux répondre à l'expression du pouvoir séparateur de l'œil physiologique sous un très bon éclairement.

II. — On doit définir l'acuité visuelle l'inverse de l'angle le plus petit sous lequel un œil peut encore reconnaître la forme d'objets donnés. Quatre causes font varier la valeur de cet élément : 1° la grandeur de l'image rétinienne ; 2° l'éclairement de l'objet ; 3° les dimensions de la pupille ; 4° l'état de l'organe.

III. — L'acuité visuelle peut être déterminée de deux façons, soit en faisant varier la distance et en présentant le même objet-type à tous les yeux, soit en laissant la distance constante et en faisant varier la grandeur des objets-types.

IV. — Les verres correcteurs des différentes amétropies produisent l'égalité des images rétiniennes, lorsqu'ils sont placés, pour les amétropies axiles, dans le plan focal antérieur de l'œil, et, pour les amétropies de courbure, dans un plan tangent à la cornée. Nos démonstrations et nos calculs sont élémentaires, car ils n'exigent que la connaissance des dioptres et des lentilles *minces*.

V. — Avec les échelles optométriques actuellement en usage, on ne peut pas mesurer la valeur-limite exacte de l'acuité par la méthode à distance fixe. Les échelles que nous avons fait construire permettent d'obtenir, soit à une distance constante, soit à des distances variables, la valeur exacte de l'acuité visuelle.

VI. — Les verres correcteurs, s'ils produisent l'égalité des images rétiniennes, modifient l'angle visuel qui a été pris comme base de la définition de l'acuité ; on doit donc séparer l'une de l'autre ces deux mesures différentes de l'acuité :

1° celle qui correspond à la constance de l'angle *(acuité vraie)*; 2° celle qui correspond à la modification de l'angle visuel, les images rétiniennes restant constantes *(acuité apparente)*. — Les calculs que nous avons établis permettent de se rendre facilement compte de l'influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle.

VII. — Avec l'optomètre du prof. Badal, on peut mesurer soit l'acuité vraie, soit l'acuité apparente des amétropes suivant que le foyer de la lentille de l'optomètre coïncide soit avec le point nodal, soit avec le foyer antérieur de l'œil. — On peut à l'aide de cet appareil, différencier les amétropies de courbure des amétropies axiles par une méthode que nous avons imaginée.

VIII. — La valeur de l'acuité visuelle est très influencée par l'éclairement de l'échelle.

Lorsque l'éclairement augmente à partir de zéro, l'acuité croît d'abord très rapidement pour n'augmenter ensuite que très peu.

IX. — Les dimensions de la pupille influent aussi sur la valeur de l'acuité, qui varie en raison inverse du diamètre pupillaire. La méthode nouvelle que nous avons utilisée pour mesurer ce diamètre, permet d'éviter les causes d'erreur inhérentes aux pupillomètres.

X. — Enfin, l'acuité visuelle varie avec l'âge: au lieu de décroître régulièrement depuis la naissance, elle va d'abord en augmentant jusqu'à l'âge de la puberté, dans les deux sexes. La courbe de cette variation se présente donc maintenant avec une allure autre que celle qui est indiquée dans tous les livres classiques.

Vu : *Le Président de thèse,*
BERGONIÉ.

Vu : *Le Doyen,*
A. PITRES.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 5 juillet 1893.
Le Recteur,
A. COUAT.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

INTRODUCTION 11

CHAPITRE I. — **Du minimum separabile** 15
Principe de Hooke 16
Mesures d'Uthoff 17
Mesures du prof. Charpentier 18

CHAP. II. — **Définition de l'acuité visuelle** 19
Conditions de netteté des images rétiniennes 19
Unité d'acuité 20
De l'œil humain 21
Œil schématique 23
Œil réduit 23
Conditions des systèmes équivalents 24

CHAP. III. — **Mesure de l'acuité visuelle** 26
Première méthode 28
Deuxième méthode 29

CHAP. IV. — **Modifications de la grandeur des images rétiniennes par les verres correcteurs dans les différentes amétropies** 33
Images rétiniennes des amétropes axiles et de courbure .. 33
Amétropies axiles 35
Amétropies de courbure 41
Amétropies d'indice 48
Vérifications expérimentales 50

CHAP. V. — **Échelles optométriques** 53
Échelle de Jaeger 54
— de Snellen 54
— de Giraud-Teulon 56
— de Burchardt 57
— de Monoyer 59
— de de Wecker 60
— de Maurel 61
— de Parinaud 61
— de Landolt 62
Appareil de Carl 62
Échelle de Steiger 64

Pages.

Vérification des optotypes par Bellarminow..... 66
Idées de Vierordt..... 67
Échelle de J. Green..... 68
Modification proposée par Javal..... 68
Échelle de Guillery..... 70
Moyens autres que les échelles pour la détermination de l'acuité..... 71
Emploi des optomètres..... 72
Échelles optométriques de l'auteur..... 75
Échelle décimale..... 79
Échelle (type Snellen)..... 80
Acuité sans correction..... 84
Acuité aux grandes distances..... 85

CHAP. VI. — **Acuité vraie et acuité apparente des amétropes**..... 89
Amétropies axiles { 1° Myopie..... 91 ; 2° Hypermétropie..... 93
Amétropies de courbure { 1° Myopie..... 95 ; 2° Hypermétropie..... 97
Influence des verres correcteurs sur l'acuité visuelle..... 100
Courbes représentant cette influence..... 103

CHAP. VII. — **Détermination de l'acuité des amétropes par l'optomètre du prof. Badal**..... 108
Considération sur l'emploi de l'optomètre comme appareil mesureur de l'acuité..... 109
Détermination de l'acuité apparente des amétropes..... 110
1° Amétropies axiles..... 111
2° Amétropies de courbure..... 112
Détermination de l'acuité vraie des amétropes..... 115
Modification de la plaque photographique de l'optomètre.. 119
Méthode clinique de diagnostic différentiel des amétropies. 120

CHAP. VIII. — **Variation de l'acuité avec l'éclairement**..... 123
Loi psycho-physique de Fechner..... 124
Résultats de Tob. Mayer..... 125
— de Posch..... 126
— de Klein..... 126
— de Sous..... 129
— de Macé de Lépinay et Nicati..... 130
Phénomène de Purkinje..... 131
Recherches d'Uthoff..... 133
— de Charpentier..... 134
— de H. Cohn..... 136

CHAP. IX. — **Variation de l'acuité visuelle avec le diamètre de la pupille**..... 138
Recherches de M. Badal..... 137
Calcul du diamètre des cercles de diffusion..... 140
Expériences de Klein..... 145
Recherches expérimentales de l'auteur..... 146

Pages.

Mesure du diamètre de la pupille par un nouveau procédé 148
Mesure de la durée de l'éclair magnésique 149
Courbe de la variation de l'acuité avec le diamètre pupillaire 155
Mesure de l'acuité au trou d'épingle 156

CHAP. X. — **Variation de l'acuité avec l'âge** 158
Résultats de de Haan 158
Équation du prof. Monoyer 159
Résultats de l'auteur 161
Courbes de la variation 162
Influence de la puberté 164
Résumé et conclusions 167

Bordeaux. — Imp. G. GOUNOUILHOU, rue Guiraude, 11.